

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-016463

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl. G06T 7/60
G06T 1/00
G06T 3/00
H01L 21/66

(21)Application number : 2001-204478 (71)Applicant : TOSHIBA CORP

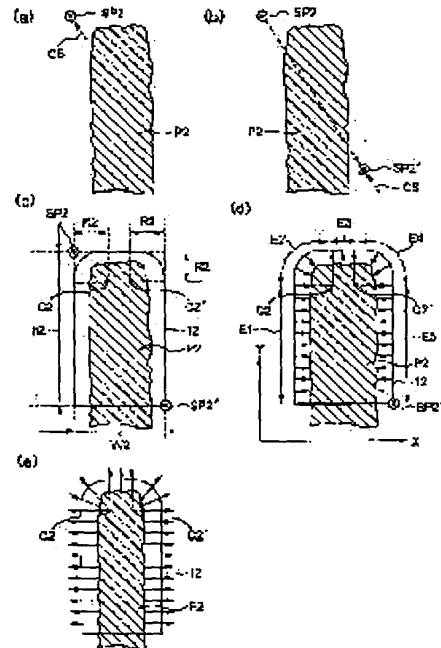
(22)Date of filing : 05.07.2001 (72)Inventor : IKEDA TAKAHIRO
MIYANO YUMIKO

(54) EXTRACTING METHOD FOR OUTLINE OF FIGURE, METHOD AND DEVICE FOR PATTERN INSPECTION, PROGRAM, AND COMPUTER- READABLE RECORDING MEDIUM WITH THE SAME STORED THEREIN

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device which can easily extract the outline of even a pattern having a complicated outline shape.

SOLUTION: A pattern unit 130 which the pattern inspection device 100 is equipped with, includes an image acquisition part 132 which obtains an image of a pattern P2 from SEM110, an ROI selection part 134 which generates a figure for inspection including at least one of a circular figure, an elliptic figure, a rectangular figure, a 1st rectangular figure having at least one of both the ends replaced with a semicircle, a semiellipse, or a parabola, and a 2nd rectangular figure having at least one of the four corners replaced with a quadrant or a quarter ellipse and having edge search directions previously defined for constitution part and defines ROI12 of a pattern P2 sectioned by the figure for inspection, and an outline extraction part 138 which searches for the edge of the pattern P2 according to the figure for inspection and obtains its outline information.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-16463

(P2003-16463A)

(43)公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 6 T 7/60	2 5 0	G 0 6 T 7/60	2 5 0 C 4 M 1 0 6
1/00	3 0 5	1/00	3 0 5 B 5 B 0 5 7
3/00	5 0 0	3/00	5 0 0 A 5 L 0 9 6
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J

審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 25 頁)

(21)出願番号 特願2001-204478(P2001-204478)

(22)出願日 平成13年7月5日(2001.7.5)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 池田 隆 洋

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 宮野 ゆみこ

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100075812

弁理士 吉武 賢次 (外5名)

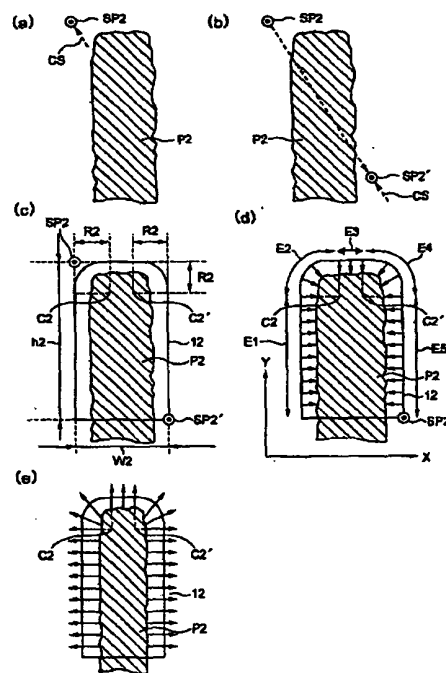
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 図形の輪郭の抽出方法、パターン検査方法、パターン検査装置、プログラムおよびこれを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57)【要約】

【課題】 複雑な輪郭形状を有するパターンであっても容易にその輪郭を抽出できる方法および装置を提供する。

【解決手段】 パターン検査装置100が備えるパターンユニット130は、SEM110からパターンP2の画像を取得する画像取得部132と、このパターン画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第1の矩形図形、四隅のうちの少なくとも一隅が1/4円もしくは1/4楕円で置換された第2の矩形図形のいずれかを少なくとも含み、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けされている検査用図形を作成し、この検査用図形で画定されるパターンP2のROI12を定義するROI選択部134と、この検査用図形に基づいてパターンP2のエッジを探索してその輪郭情報を取得する輪郭抽出部138と、を含む。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、

前記画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第 1 の矩形図形、四隅のうちの少なくとも一隅が 1/4 円もしくは 1/4 楕円で置換された第 2 の矩形図形、並びに、次式

【数 1】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けされている検査用図形によって前記被検査図形の検査領域を定義する手順と、

前記検査用図形に基づいて前記被検査図形のエッジを探索して前記被検査図形の輪郭情報を取得する手順と、を備える、図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 2】 前記第 1 の矩形図形は、

前記少なくとも一端が凸部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、

前記少なくとも一端が凹部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、の少なくともいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 3】 前記検査領域を定義する手順は、複数個の前記検査用図形の組合わせにより前記検査領域を定義する手順であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 4】 検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、

前記画像のポテンシャル関数 V を定義する手順と、

前記ポテンシャル関数 V で表わされる値に対して相互に等しい値が繋がれて形成される第 1 の曲線群を算出する手順と、

前記第 1 の曲線群にほぼ直交する第 2 の曲線群を算出する手順と、

前記第 2 の曲線群に沿った方向に前記被検査図形の輪郭を探索して前記被検査図形の輪郭情報を取得する手順と、を備える図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 5】 前記ポテンシャル関数 V を定義する手順

は、前記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_i = x_i + iy_i$ に位置する画素の濃淡値または RGB 値に基づいて前記のポテンシャル関数 V を前記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義する手順であり、

前記第 1 の曲線群を算出する手順は、前記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ を算出する手順であり、

2

前記第 2 の曲線群を算出する手順は、 W = 定数となる z 平面上の曲線群を算出する手順であることを特徴とする、請求項 4 に記載の図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 6】 検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、

前記被検査図形の形状に近似する形状を有する折れ線を作成する手順と、

前記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順と、

10 前記画像を構成する画素の濃度分布を前記エッジ探索方向に沿って分析して前記被検査図形のエッジ点座標を検出する手順と、を備える図形の輪郭の抽出方法。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の図形の輪郭の抽出方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の図形の輪郭の抽出方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 9】 検査対象であるパターンの画像を取得する手順と、

前記画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第 1 の矩形図形、四隅のうちの少なくとも一隅が 1/4 円もしくは 1/4 楕円で置換された第 2 の矩形図形、並びに、次式

【数 2】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

30 で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けされている検査用図形によって前記パターンの検査領域を定義する手順と、

前記検査用図形に基づいて前記パターンのエッジを探索して前記パターンの輪郭情報を取得する手順と、を備えるパターン検査方法。

【請求項 10】 前記第 1 の矩形図形は、

前記少なくとも一端が凸部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、

40 前記少なくとも一端が凹部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、の少なくともいずれかを含むことを特徴とする請求項 9 に記載のパターン検査方法。

【請求項 11】 前記検査領域を定義する手順は、複数個の前記検査用図形の組合わせにより前記検査領域を定義する手順であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のパターン検査方法。

【請求項 12】

検査対象であるパターン画像を取得する手順と、

50 前記画像のポテンシャル関数 V を定義する手順と、

3

前記ポテンシャル関数 V で表わされる値に対して相互に等しい値が繋がれて形成される第 1 の曲線群を算出する手順と、

前記第 1 の曲線群にほぼ直交する第 2 の曲線群を算出する手順と、

前記第 2 の曲線群に沿った方向に前記パターンの輪郭を探索して前記パターンの輪郭情報を取得する手順と、を備えるパターン検査方法。

【請求項 13】前記ポテンシャル関数 V を定義する手順は、前記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_i = x_i + iy_i$ に位置する画素の濃淡値または RGB 値に基づいて前記のポテンシャル関数 V を前記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義する手順であり、

前記第 1 の曲線群を算出する手順は、前記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ を算出する手順であり、

前記第 2 の曲線群を算出する手順は、 W = 定数となる z 平面上の曲線群を算出する手順であることを特徴とする、請求項 12 に記載のパターン検査方法。

【請求項 14】検査対象であるパターンの画像を取得する手順と、

前記パターンの形状に近似する形状を有する折れ線を作成する手順と、

前記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順と、

前記画像を構成する画素の濃度分布を前記エッジ探索方向に沿って分析して前記パターンのエッジ点座標を検出する手順と、を備えるパターン検査方法。

【請求項 15】前記折れ線は、前記パターンの設計データに基づいて作成されることを特徴とする請求項 14 に記載のパターン検査方法。

【請求項 16】前記折れ線を作成する手順は、第 1 の方向を有する第 1 の線分と、前記第 1 の方向にほぼ直交する第 2 の方向を有する第 2 の線分との組み合わせで構成される第 1 の折れ線を作成する手順と、前記画像に前記第 1 の折れ線を重ね合わせる手順と、前記第 1 の折れ線の頂点を起点として所望の量だけ前記第 1 の折れ線の領域を切り欠いて第 2 の折れ線を作成する手順とを含み、

前記エッジ探索方向を決定する手順は、前記第 2 の折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順である、ことを特徴とする請求項 14 または 15 に記載のパターン検査方法。

【請求項 17】前記第 2 の折れ線を作成する手順は、前記第 1 の折れ線を構成する線分のうちで前記頂点を挟む 2 つの線分がなす角を 2 等分する直線の法線に平行な方向で前記第 1 の折れ線の領域を切り欠く手順を含むことを特徴とする請求項 16 に記載のパターン検査方法。

【請求項 18】前記エッジ探索方向は、前記第 2 の折れ線に直交する方向であることを特徴とする請求項 16 ま

4

たは 17 に記載のパターン検査方法。

【請求項 19】前記エッジ探索方向を決定する手順は、切り欠き部を構成する線分に垂直であって前記切り欠き部の線分を 2 等分する直線上の任意の点を中心点とする円を作成し、この円周上の点と前記中心点とを結ぶ直線から前記第 2 の折れ線の切り欠き部における前記エッジ探索方向を選定する手順を含むことを特徴とする請求項 16 乃至 18 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 20】前記第 1 の折れ線を作成する手順は、前記画像を処理して得られた前記パターンの概略の輪郭形状に基づいて前記第 1 の折れ線を作成する手順であることを特徴とする請求項 16 乃至 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 21】前記折れ線を作成する手順は、直線および彎型の線のうち少なくともいずれかを内部に含む矩形または一つの頂点を共有し互いに相似形である 2 つの矩形で構成される第 1 のテンプレートと前記概略の輪郭形状との間でパターンマッチングを実行する手順を含むことを特徴とする請求項 14 乃至 20 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 22】前記第 1 の折れ線を作成する手順は、一つの頂点を共有し互いに相似形である第 1 の矩形および第 2 の矩形で構成されて前記第 1 の矩形の領域と残部の領域とが明暗の 2 つの属性において相互に異なる第 2 のテンプレートと前記画像もしくは前記画像内のコントラストの差異を明瞭にする処理がなされた被処理画像との間、または、一つの頂点を共有する彎形および第 3 の矩形で構成されて前記彎形の領域と残部の領域とが前記明暗の 2 つの属性において相互に異なる第 3 のテンプレートと前記画像もしくは前記被処理画像との間でパターンマッチングを実行する手順を含むことを特徴とする請求項 16 乃至 19 に記載のパターン検査方法。

【請求項 23】前記パターンマッチングを実行する手順は、前記パターンの設計データから前記パターンの頂点の数の情報を取得し、この数の情報に基づいてマッチングの個数に制限を設ける手順を有することを特徴とする請求項 21 または 22 に記載のパターン検査方法。

【請求項 24】前記パターンマッチングを実行する手順は、前記パターンの設計データから前記パターンが閉曲線であるか否かの情報を取得し、この情報に基づいてマッチングの個数に制限を設ける手順を有することを特徴とする請求項 21 または 22 に記載のパターン検査方法。

【請求項 25】請求項 9 乃至 24 のいずれかに記載のパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 26】請求項 9 乃至 24 のいずれかに記載のパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

5

【請求項 27】検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、

前記画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第 1 の矩形図形、四隅のうちの少なくとも一隅が $1/4$ 円もしくは $1/4$ 楕円で置換された第 2 の矩形図形、並びに、次式

【数 3】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けされている検査用図形を作成し、この検査用図形で画定される前記パターンの検査領域を定義する検査領域画定手段と、

前記検査用図形に基づいて前記パターンのエッジを探索して前記パターンの輪郭情報を取得する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置。

【請求項 28】前記第 1 の矩形図形は、前記少なくとも一端が凸部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、前記少なくとも一端が凹部をなすように前記半円、前記半楕円または前記放物線に置換された図形と、の少なくともいずれかを含むことを特徴とする請求項 27 に記載のパターン検査装置。

【請求項 29】前記検査領域画定手段は、複数の前記検査用図形の組合わせにより前記検査領域を定義することを特徴とする請求項 27 または 28 に記載のパターン検査装置。

【請求項 30】前記画像と前記検査用図形を表示する表示画面を含む表示手段と、

前記円図形、前記楕円図形、前記矩形図形、前記第 1 の矩形図形、前記第 2 の矩形図形および前記閉曲線図形のうち少なくとも一つを含み、かつ、各形状ごとに前記エッジ探索方向が予め定義付けされて前記検査図形またはその構成部分となる候補図形を前記表示画面に選択可能に表示する GUI と、

前記表示画面上で前記検査領域を定義するときの基準となる位置と前記候補図形とを指定する入力手段と、をさらに備え、

前記検査領域画定手段は、前記入力手段により指定された前記基準となる位置および前記候補図形に基づいて前記検査領域を定義することを特徴とする請求項 27 乃至 29 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 31】検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、

前記画像のポテンシャル関数 V を定義し、このポテンシャル関数 V で表わされる値に対して相互に等しい値が繋

がれて形成される第 1 の曲線群を算出し、この第 1 の曲

6

線群にほぼ直交する第 2 の曲線群を算出する演算手段と、

前記第 2 の曲線群に沿った方向に前記パターンの輪郭を探索して前記パターンの輪郭情報を取得する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置。

【請求項 32】前記演算手段は、前記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_1 = x_1 + iy_1$ に位置する画素の濃淡値または RGB 値に基づいて前記のポテンシャル関数 V を前記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義し、

前記第 1 の曲線群は、前記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ であり、

前記第 2 の曲線群は、前記関数 $W(z)$ について $W =$ 定数となる z 平面上の曲線群である、ことを特徴とする請求項 31 に記載のパターン検査装置。

【請求項 33】検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、

20 前記パターンの形状に近似する形状を有する折れ線を作成する折れ線作成手段と、

前記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定するエッジ探索方向決定手段と、

前記画像を構成する画素の濃度分布を前記エッジ探索方向に沿って分析して前記パターンのエッジ点座標を検出する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置。

【請求項 34】前記折れ線作成手段は、前記パターンの設計データを取得し、この設計データに基づいて前記折れ線を作成することを特徴とする請求項 33 に記載のパターン検査装置。

30

【請求項 35】前記折れ線作成手段は、

第 1 の方向を有する第 1 の線分と、前記第 1 の方向にほぼ直交する第 2 の方向を有する第 2 の線分との組み合わせで構成される第 1 の折れ線を作成する第 1 の折れ線作成手段と、

前記第 1 の折れ線と前記パターンの画像とを重ね合せ、前記第 1 の折れ線の頂点を中心として所望の量だけ前記第 1 の折れ線の領域を切り欠いて第 2 の折れ線を作成する切り欠き処理手段と、を含み、

40

前記エッジ探索方向決定手段は、前記第 2 の折れ線に基づいて前記エッジ探索方向を決定する、ことを特徴とする請求項 33 または 34 に記載のパターン検査装置。

【請求項 36】前記切り欠き処理手段は、前記第 1 の折れ線を構成する線分のうちで前記頂点を挟む 2 つの線分がなす角を 2 等分する直線の法線に平行な方向で前記第 1 の折れ線の領域を切り欠くことを特徴とする請求項 35 に記載のパターン検査装置。

【請求項 37】前記エッジ探索方向決定手段は、切り欠き部を構成する線分に垂直であって前記切り欠き部の線分を 2 等分する直線上の任意の点を中心点とする円を作

7

成し、この円周上の点と前記中心点とを結ぶ直線から前記第2の折れ線の切り欠き部における前記エッジ探索方向を選定することを特徴とする請求項35または36に記載のパターン検査装置。

【請求項38】直線および鍵型の線のうち少なくともいずれかを内部に含む矩形または一つの頂点を共有し互いに相似形である2つの矩形で構成される第1のテンプレートを格納する記憶手段をさらに備え、

前記折れ線作成手段は、第1のテンプレートと前記概略の輪郭形状との間でパターンマッチングを行なうことを特徴とする請求項33乃至37に記載のパターン検査装置。

【請求項39】一つの頂点を共有し互いに相似形である第1の矩形および第2の矩形で構成されて前記第1の矩形の領域と残部の領域とが明暗の2つの属性において相互に異なる第2のテンプレートと、一つの頂点を共有する鍵形および第3の矩形で構成されて前記鍵形の領域と残部の領域とが明暗の前記2つの属性において相互に異なる第3のテンプレートとの少なくともいずれかを格納する記憶手段をさらに備え、

前記折れ線作成手段は、前記第2のテンプレートと前記画像もしくは前記画像内のコントラストの差異を明瞭にする処理がなされた被処理画像との間、または前記第3のテンプレートと前記画像もしくは前記被処理画像との間でパターンマッチングを行なうことを特徴とする請求項33乃至37に記載のパターン検査装置。

【請求項40】前記折れ線作成手段は、前記パターンマッチングに先行して、前記パターンの設計データから前記パターンの頂点の数の情報を取得し、この数の情報に基づいてマッチングの個数に予め制限を設けることを特徴とする請求項38または39に記載のパターン検査装置。

【請求項41】前記折れ線作成手段は、前記パターンマッチングに先行して、前記パターンの設計データから前記パターンが閉曲線であるか否かの情報を取得し、この情報に基づいてマッチングの個数に予め制限を設けることを特徴とする請求項38または39に記載のパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、図形の輪郭の抽出方法、パターン検査方法、パターン検査装置、プログラムおよび記録媒体に関し、特に半導体装置製造プロセスにおけるパターンの検査に用いられるパターン輪郭の抽出方法を対象とする。

【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセス内の検査工程においては、電子顕微鏡や光学顕微鏡、CCD (Charge Coupled Device) カメラなどによって検査の対象となるパターンの画像データを取得し、その後その画像データに基

8

づいて抽出した検査対象パターンの輪郭情報を利用することが多い。輪郭情報の抽出方法としては、例えば、取得されたパターン画像が濃淡画像である場合に所定の濃淡値を閾値として設定しこの閾値に対応する箇所をエッジと定義する方法や、基準となる閉曲線図形との比較による方法、Sobelフィルタのような二次元フィルタによって検出する方法など、種々の方法が既に実用化されている。

【0003】このような処理を行う場合、一般的には、得られた画像内の注目領域にROI (Region Of Interest) と呼ばれる領域を指定し、その内部で上述した種々の方法を実行するためのエッジ抽出アルゴリズムを実行して輪郭情報に相当するエッジ座標点列を取得し、得られた座標点列データから線幅や、面積、重心位置などの幾何学的特徴量を算出する。

【0004】ROI領域を画定する境界 (ROI境界) の形状としては、領域定義の簡便さから矩形または楕円形もしくは円形が採用されることが多い。矩形状のROI境界指定は最も一般的に行われている方法である。また、楕円形のROI境界を採用する方法としては、例えば特開2001-091231にその一例が開示されている。

【0005】従来の技術において矩形のROI境界を採用する場合には、例えば図27に示すように、ROI境界62のいずれかの辺に対して平行な方向にパターンエッジを探索していた。このような方法は、同図に示すパターンP50のように、パターンエッジが概略直線的であるような場合に用いられていた。

【0006】また、その輪郭形状が閉曲線状のパターンに対しては、例えば図28のROI境界64bに示すように、そのパターン (P52) のパターンエッジを囲むように (楕) 円形のROI境界を設定し、動径方向にパターンエッジを探索していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体パターンの画像においては、一般に、対象とする物体の二次元形状はより複雑であり、このため、従来の技術による検査方法では、エッジ探索方向がパターンエッジに平行になる場合があった。例えば、従来の技術によれば、図29 (a) に示すパターンP2の場合、端部の領域Ep2において、パターンエッジが局所的にエッジ探索方向に平行になってしまう。このような場合には抽出されるべきエッジ点が多値になってしまう結果、本来のエッジ位置が抽出できなくなるという問題があった。また、閉曲線輪郭をもつパターンについても、図30

(a) に示すパターンP24のように、パターンエッジがエッジ探索方向 (動径方向) に平行になる領域Ep4、Ep6、Ep8、Ep10が生じる。これらの場合は、図29 (b) のROI68と図30 (b) のROI74a~74gにそれぞれ示すように、パターンの複雑

50

さに応じて検査者が複数のROIを設定しなければならず、検査に要するコストが増大してしまう。特に、実際に検査の対象となるパターンは、図31、図32にそれぞれ示すパターンP6、P8のようにさらに複雑な輪郭形状を有する場合もある。例えば図31に示すパターンP6については、エッジ探索方向がパターンエッジと局所的に交わる箇所が2つあるため（領域Ep12、Ep14）、このような部位においてエッジ位置の探索に失敗するという問題があった。図32に示すパターンP8では、楕円形のROI境界78bを設定し、その動径方向にエッジを探索するため、領域Ep16～Ep30においてエッジ探索方向がパターンエッジと交わり、このためにエッジ位置の探索に失敗するという問題があった。

【0008】また、ほぼ直線的なパターンエッジを有するパターンであっても、例えば図33に示すように、2つのパターンP10、P12の端部が対向するように配置されている場合や、図34のパターンP14、P18のように、近接した2つのラインパターンにおいて、相互のパターンエッジが互いに直交する方向に配置されている場合には、紙面の横方向に探索すると、パターンエッジと局所的に交わる箇所がそれぞれ2カ所発生するという問題がある。

【0009】また、図35のSEM (Scanning Electron Microscope) 画像の一例に示すように、レチクル上のパターンではその一部にセリフと呼ばれるOPCパターンが付与されている場合がある。同図に示すパターンP64の場合、例えば領域Ep32ではエッジ探索方向に平行な輪郭部でエッジ検出ができない。また、同図内の領域Ep34内では、一つのエッジ探索方向に対して複数のエッジ点候補が検出されるという問題がある。さらに、同図の領域Ep36に示すように、パターンの輪郭に対して垂直でない方向でエッジが抽出される場合がある。このときのエッジ探索方向における画像の濃度変化PF2を図36(a)に示す。なお、図36(b)は、パターンの輪郭にほぼ垂直にエッジ探索を行ったときの画像の濃度変化PF4を示す。両者の対比において明らかなように、エッジ探索方向が垂直でない場合には、濃度変化の波形がよりブロードになっており、ノイズが入りやすい。即ち、エッジ検出の際に誤差が入りやすいことが分かる。

【0010】これらの問題に対処するため、例えば前述の特開2001-091231には、パターンの特徴を示す様な図形を作成し、この図形に対して常に垂直な方向にエッジを探索して輪郭データを取得する方法が開示されている。しかしながら、全てのエッジ点列に対して、探索方向をそれぞれ算出するためには膨大な処理時間が必要になる。また、作成した、パターンの特徴を示す図形自体にエッジが多く含まれている場合は、そのノイズの影響によりエッジが上手く探索できないという問

題が生じる。

【0011】また、閾値に基づいて輪郭情報を抽出する上述した閾値法についても、検査の対象パターンに応じて以下のような問題が生じる。例えば、ROI内での濃度の最大値（ピーク）100%とし、最小値（ボトム）を0%と設定し、定められたしきい値（例えば50%）を示す位置をエッジとして検出する場合、エッジ部分が基板に対して垂直に形成されたパターンでは、例えば図37(a)の濃度変化（信号波形）PF6に示すように、エッジ探索方向上で信号波形のピーク位置とボトム位置が明瞭である。従って、ピークとボトムが入るようにROIを設定すれば閾値法により安定してエッジを検出できる。しかしながら、テーパを持つパターンなどの場合は、同図(b)のPF8に示すように、ボトム位置が明瞭でない場合がある。このため、同図(b)中のROI84とROI86との対比に示すように、ROI境界の位置が変化すると0%の位置がずれ、このためエッジ位置もずれてしまい、測定結果に誤差が生じるという問題があった。

【0012】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、複雑な輪郭形状を有する図形またはパターンについても、容易にその輪郭を抽出できる方法、パターン検査方法、パターン検査装置、プログラムおよびこれを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0014】即ち、本発明によれば、検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、この画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第1の矩形図形、四隅のうち少なくとも一隅が1/4円もしくは1/4楕円で置換された第2の矩形図形、並びに、次式

【数4】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けられている検査用図形によって上記被検査図形の検査領域を定義する手順と、上記検査用図形に基づいて上記被検査図形のエッジを探索して上記被検査図形の輪郭情報を取得する手順と、を備える、図形の輪郭の抽出方法が提供される。

【0015】本発明にかかる図形の輪郭の抽出方法によれば、上記検査用図形に基づいて上記被検査図形のエッジを探索するので、複雑な輪郭形状を有する被検査用図形であっても、その輪郭情報を容易かつ安定して取得す

ることができる。

【0016】本発明の一実施態様において、上記第1の矩形図形は、上記少なくとも一端が凸部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、上記少なくとも一端が凹部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、のうち少なくともいずれかを含む。

【0017】上記少なくとも一端が凹部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された上記第1の矩形図形を用いて上記被検査図形の検査領域を定義する場合は、それぞれの端部が対向するように2つのライン状の被検査図形が配置されている場合や、長手方向が互いに直交するように2つのライン状の被検査図形が相互に近接して配置されている場合であっても、局所的に被検査図形の輪郭と複数箇所であつたようなエッジ探索が行なわれるおそれが解消される。

【0018】また、本発明の他の実施態様において、上記検査領域を定義する手順は、複数個の上記検査用図形の組合わせにより上記検査領域を定義する手順である。

【0019】また、本発明によれば、検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、上記画像のポテンシャル関数 V を定義する手順と、上記ポテンシャル関数 V で表わされる値に対して相互に等しい値が繋がれて形成される第1の曲線群を算出する手順と、上記第1の曲線群にほぼ直交する第2の曲線群を算出する手順と、上記第2の曲線群に沿った方向に上記被検査図形の輪郭を探索して上記被検査図形の輪郭情報を取得する手順と、を備える図形の輪郭の抽出方法が提供される。

【0020】上記輪郭抽出方法によれば、上記画像のポテンシャル関数 V に基づいて算出された上記第2の曲線群に沿った方向に上記被検査図形の輪郭を探索するので、上記被検査図形が複雑な輪郭形状を有する場合であっても、その輪郭情報を高い精度で取得することができる。

【0021】上記図形輪郭の抽出方法の好適な実施態様において、上記ポテンシャル関数 V を定義する手順は、上記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_i = x_i + iy_i$ に位置する画素の濃淡値またはRGB (Red Green Blue) 値に基づいて上記のポテンシャル関数 V を上記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義する手順であり、上記第1の曲線群を算出する手順は、上記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ を算出する手順であり、上記第2の曲線群を算出する手順は、 $W = \text{定数}$ となる z 平面上の曲線群を算出する手順である。

【0022】 $W = \text{定数}$ となるように算出された z 平面上の上記曲線群は、関数 $V + iW$ が正則関数となるために、複素解析の原理によって上記ポテンシャル関数 $V(z)$ の曲線に対して常に直交する。

【0023】また、本発明によれば、検査対象である被検査図形の画像を取得する手順と、上記被検査図形の形状に近似する形状を有する折れ線を作成する手順と、上記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順と、上記画像を構成する画素の濃度分布を上記エッジ探索方向に沿って分析して上記被検査図形のエッジ点座標を検出する手順と、を備える図形の輪郭の抽出方法が提供される。

【0024】上記図形輪郭の抽出方法によれば、上記被検査図形の形状に近似する形状を有する上記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定するので複雑な輪郭形状を有する被検査用図形であっても、その輪郭情報を容易かつ安定して取得することができる。

【0025】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する手順と、この画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第1の矩形図形、四隅のうち少なくとも一隅が $1/4$ 円もしくは $1/4$ 楕円で置換された第2の矩形図形、並びに、次式

【数5】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けられている検査用図形によって上記パターンの検査領域を定義する手順と、上記検査用図形に基づいて上記パターンのエッジを探索して上記パターンの輪郭情報を取得する手順と、を備えるパターン検査方法が提供される。

【0026】本発明にかかるパターン検査方法によれば、上記検査用図形に基づいて上記パターンのエッジを探索するので、複雑な輪郭形状を有するパターンであっても、その輪郭情報を容易かつ安定して取得することができる。

【0027】本発明の好適な実施態様において、上記第1の矩形図形は、上記少なくとも一端が凸部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、上記少なくとも一端が凹部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、のうち少なくともいずれかを含む。

【0028】上記少なくとも一端が凹部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された上記第1の矩形図形を用いて上記被検査図形の検査領域を定義する場合は、それぞれの端部が対向するように2つのラインパターンが配置されている場合や、相互のパターンエッジの方向が互いに直交するように2つのラインパターンが近接して配置されている場合であっても、局所的にパターンエッジと複数箇所であつたようなエッジ探索が行なわれるおそれが解消される。

13

【0029】また、本発明の他の好適な実施態様において、上記検査領域を定義する手順は、複数個の上記検査用図形の組合わせにより上記検査領域を定義する手順である。

【0030】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する手順と、上記画像のポテンシャル関数 V を定義する手順と、上記ポテンシャル関数 V で表わされる値に対して相互に等しい値が繋がれて形成される第1の曲線群を算出する手順と、上記第1の曲線群にほぼ直交する第2の曲線群を算出する手順と、上記第2の曲線群に沿った方向に上記パターンの輪郭を探索して上記パターンの輪郭情報を取得する手順と、を備えるパターン検査方法が提供される。

【0031】上述したパターン検査方法の好適な実施態様において、上記ポテンシャル関数 V を定義する手順は、上記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_i = x_i + iy_i$ に位置する画素の濃淡値またはRGB値に基づいて上記のポテンシャル関数 V を上記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義する手順であり、上記第1の曲線群を算出する手順は、上記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ を算出する手順であり、上記第2の曲線群を算出する手順は、 W =定数となる z 平面上の曲線群を算出する手順である。

【0032】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する手順と、上記パターンの形状に近似する形状を有する折れ線を作成する手順と、上記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順と、上記画像を構成する画素の濃度分布を上記エッジ探索方向に沿って分析して上記パターンのエッジ点座標を検出する手順と、を備えるパターン検査方法が提供される。

【0033】上述した図形の輪郭の抽出方法およびパターン検査方法において、上記折れ線を作成する手順は、上記被検査図形または上記パターンの設計データに基づいて作成する手順でも良い。この場合は、より簡便に上記第1の折れ線を作成することが可能になる。

【0034】また、上記折れ線を作成する手順は、第1の方向を有する第1の線分と、上記第1の方向にほぼ直交する第2の方向を有する第2の線分との組み合わせで構成される第1の折れ線を作成する手順と、上記画像に上記第1の折れ線を重ね合わせる手順と、上記第1の折れ線の頂点を起点として所望の量だけ上記第1の折れ線の領域を切り欠いて第2の折れ線を作成する手順とを含み、上記エッジ探索方向を決定する手順は、上記第2の折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定する手順であることが望ましい。上記第2の折れ線が上記第1の折れ線の頂点を起点とする切欠き部を有するので、上記被検査図形または上記パターンがコーナ部で丸みを有する複雑な形状を有する場合であっても、高い精度でかつ簡便に

14

エッジ点座標を検出することができる。

【0035】上記第2の折れ線を作成する手順は、上記第1の折れ線を構成する線分のうちで上記頂点を挟む2つの線分がなす角を2等分する直線の法線に平行な方向で上記第1の折れ線の領域を切り欠く手順を含むと良い。これにより、上記被検査図形または上記パターンのコーナ部におけるエッジ検出精度が向上する。

【0036】上記エッジ探索方向は、上記第2の折れ線に直交する方向であることが望ましい。これにより、上記被検査図形または上記パターンの形状にほぼ垂直な方向でのエッジ検出が可能になる。

【0037】上記エッジ探索方向を決定する手順は、切り欠き部を構成する線分に垂直であって上記切り欠き部の線分を2等分する直線上の任意の点を中心点とする円を作成し、この円周上の点と上記中心点とを結ぶ直線から上記第2の折れ線の切り欠き部における上記エッジ探索方向を選定する手順を含むのものであっても良い。これによっても、上記被検査図形または上記パターンのコーナ部におけるエッジ検出精度が向上する。

【0038】上記第1の折れ線を作成する手順は、上記画像を処理して得られた上記被検査図形または上記パターンの概略の輪郭形状に基づいて上記第1の折れ線を作成する手順であり、この概略の輪郭形状を取得する手順は、上記被検査図形または上記パターンの画像の2値化処理および差分フィルタ処理の少なくとも一つを含むと好適である。

【0039】上記第1の折れ線を作成する手順は、直線および鍵型の線のうち少なくともいずれかを内部に含む矩形または一つの頂点を共有し互いに相似形である2つの矩形で構成される第1のテンプレートと上記概略の輪郭形状との間でパターンマッチングを実行する手順を含むと良い。また、これとは代替的に、上記第1の折れ線を作成する手順は、一つの頂点を共有し互いに相似形である第1の矩形および第2の矩形で構成されて上記第1の矩形の領域と残部の領域とが明暗の2つの属性において相互に異なる第2のテンプレートと上記画像もしくは上記画像内のコントラストの差異を明瞭にする処理がなされた被処理画像との間、または、一つの頂点を共有する鍵形および第3の矩形で構成されて上記鍵形の領域と残部の領域とが上記明暗の2つの属性において相互に異なる第3のテンプレートと上記画像もしくは上記被処理画像との間でパターンマッチングを実行する手順を含むものでも良い。上述したパターンマッチングを実行することにより、上記画像または上記被処理画像のデータからそのまま上記第1の折れ線を作成することが可能になる。

【0040】上記パターンマッチングを実行する手順は、上記被検査図形または上記パターンの設計データから上記被検査図形または上記パターンの頂点の数の情報を取得し、この数値の情報に基づいてマッチングの個

数に制限を設ける手順を有することが好ましい。

【0041】また、上記パターンマッチングを実行する手順は、上記被検査図形または上記パターンの設計データから上記パターンが閉曲線であるか否かの情報を取得し、この情報に基づいてマッチングの個数に制限を設ける手順を有するものでも良い。これらにより、上記被検査図形または上記パターンの輪郭形状により近い第1の折れ線を作成することが可能になる。

【0042】また、本発明によれば、上述した図形の輪郭の抽出方法、または上述したパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

【0043】さらに、本発明によれば、上述した図形の輪郭の抽出方法、または上述したパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0044】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、上記画像に対して、円図形、楕円図形、矩形図形、両端のうち少なくとも一端が半円、半楕円および放物線のいずれかで置換された第1の矩形図形、四隅のうちの少なくとも一隅が1/4円もしくは1/4楕円で置換された第2の矩形図形、並びに、次式

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1$$

で表される閉曲線図形のいずれかを少なくとも含み、かつ、各構成部分ごとにエッジ探索方向が予め定義付けされている検査用図形を作成し、この検査用図形で画定される上記パターンの検査領域を定義する検査領域画定手段と、上記検査用図形に基づいて上記パターンのエッジを探索して上記パターンの輪郭情報を取得する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置が提供される。

【0045】本発明にかかるパターン検査装置によれば、上記検査用図形で画定される上記パターンの検査領域を定義する検査領域画定手段と、上記検査用図形に基づいて上記パターンのエッジを探索して上記パターンの輪郭情報を取得する輪郭抽出手段とを備えるので、複雑な輪郭形状を有するパターンであっても、その輪郭情報を容易かつ安定して取得することができる。

【0046】本発明の一実施態様において、上記第1の矩形図形は、上記少なくとも一端が凸部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、上記少なくとも一端が凹部をなすように上記半円、上記半楕円または上記放物線に置換された図形と、のうち少なくともいずれかを含む。

【0047】本発明の好適な実施態様において、上記検査領域画定手段は、複数個の上記検査用図形の組合わせにより上記検査領域を定義する。

【0048】また、本発明のさらに好適な実施態様にお

いて、上記パターン検査装置は、上記画像と上記検査用図形を表示する表示画面を含む表示手段と、上記円図形、上記楕円図形、上記矩形図形、上記第1の矩形図形、上記第2の矩形図形および上記閉曲線図形のうち少なくとも一つを含み、かつ、各形状ごとに上記エッジ探索方向が予め定義付けされて上記検査図形またはその構成部分となる候補図形を上記表示画面に選択可能に表示するGUI (Graphical User Interface) と、上記表示画面上で上記検査領域を定義するときの基準となる位置と上記候補図形とを指定する入力手段と、をさらに備え、上記検査領域画定手段が、上記入力手段により指定された上記基準となる位置および上記候補図形に基づいて上記検査領域を定義する。

【0049】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、上記画像のポテンシャル関数Vを定義し、このポテンシャル関数Vで表わされる値に対して相互に等しい値が繋がれて形成される第1の曲線群を算出し、この第1の曲線群にほぼ直交する第2の曲線群を算出する演算手段と、上記第2の曲線群に沿った方向に上記パターンの輪郭を探索して上記パターンの輪郭情報を取得する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置が提供される。

【0050】上記パターン検査装置の好適な実施態様において、上記演算手段は、上記画像の平面を複素平面 $z = x + iy$ で表わし、 $z_i = x_i + iy_i$ に位置する画素の濃淡値またはRGB値に基づいて上記のポテンシャル関数Vを上記画像上の任意の位置 z におけるポテンシャル関数 $V(z)$ として正則関数となるように定義し、上記第1の曲線群は、上記ポテンシャル関数 $V(z)$ に対してコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ であり、上記第2の曲線群は、上記関数 $W(z)$ について $W = \text{定数}$ となる z 平面上の曲線群である。

【0051】上述した図形の輪郭の抽出方法、パターン検査方法およびパターン検査装置において、上記検査用図形のエッジ探索方向は、その構成部分が直線部分である場合には、その直線に直交する方向で定義付けられ、また、その構成部分が上記円、上記半円もしくは上記1/4円、または上記楕円、上記半楕円もしくは上記1/4楕円である場合には、その動径の方向に沿って定義付けられる。

【0052】また、本発明によれば、検査対象であるパターンの画像を取得する画像取得手段と、上記パターンの形状に近似する形状を有する折れ線を作成する折れ線作成手段と、上記折れ線に基づいてエッジ探索方向を決定するエッジ探索方向決定手段と、上記画像を構成する画素の濃度分布を上記エッジ探索方向に沿って分析して上記パターンのエッジ点座標を検出する輪郭抽出手段と、を備えるパターン検査装置が提供される。

【0053】上記パターン検査装置の好適な実施態様において、上記エッジ探索方向決定手段は、上記第2の折

17

れ線に常に直交するように上記エッジ探索方向を決定する。

【0054】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。なお、図形の輪郭抽出方法の実施の形態については、これを用いたパターン検査方法の実施形態として説明する。

【0055】(1) パターン検査装置の第1の実施形態図1は、本発明にかかるパターン検査装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。同図に示すパターン検査装置100は、SEMユニット110と、電子光学系制御部122と、ホストコンピュータ124と、メモリMR1、MR2と、画像処理ユニット130と、表示部126と、入力部128とを備える。

【0056】SEMユニット110は、基板Sを載置するステージ114と、電子光学系112と、二次電子検出器116と、信号処理部118とを含む。電子光学系112は、電子光学系制御部122から供給される制御信号に従い、電子ビームEBを生成して検査対象である微細パターンが形成された基板Sに電子ビームEBを照射する。二次電子検出器116は、電子ビームEBの照射により基板Sの表面から放出された二次電子/反射電子/後方散乱電子を検出する。信号処理部118は、二次電子検出器116により検出された二次電子/反射電子/後方散乱電子から構成されるアナログ画像信号をデジタル信号に変換し、増幅してホストコンピュータ124に供給する。

【0057】ホストコンピュータ124は、メモリMR1に格納されたレシピファイルに従って装置全体を制御し、電子光学系制御部122に制御信号を供給するとともに、信号処理部118から供給されるデジタル信号を処理してパターンの表面の状態を表わすSEM画像となる画像信号を出力する。

【0058】画像処理ユニット130は、画像取得部132と、ROI選択部134と、エッジ探索用曲線群算出部136と、輪郭抽出部138と、パターン評価部152とを含む。画像取得部132は、ホストコンピュータ124を介してSEMユニット110により得られた検査対象パターンの画像データを取得する。ROI選択部134は、本実施形態において検査領域画定手段を構成し、予めエッジ探索方向が定義付けられた、検査対象パターンのROI境界を後述する手順により定義する。輪郭抽出部138は、ROI選択部134により定義されたROI境界上にある画素からROI境界の内部に向かって、予め定義付けられた探索方向に従ってエッジを探索し、検査対象パターンのエッジ点座標を取得する。パターン評価部152は、得られた輪郭情報により、目的のパターンの寸法、面積、エッジラフネス、周囲長、パターンの丸まり具合等を算出し、これらのパターンの特徴量に基づいて検査対象パターンを検査する。

18

【0059】入力部128は、キーボードKBおよびマウスMを含み、画像処理ユニット130に接続されてオペレータの操作により処理用の入力信号を画像処理ユニット130に供給する。

【0060】表示部126は、画像処理ユニット130に接続されてSEM画像および画像処理用のGUI並びにSEM画像に重畳される各種の図形を表示する。

【0061】表示部126の表示画面の一例を図2に示す。同図に示す例では、表示画面が複数のフレームFR1~FR3に分割され、第1フレームFR1には検査対象パターンのSEM画像が表示され、第2フレームFR2にはROI形状選択部220とエッジ探索方向指定部222が表示されている。表示画面210には、複数の検査対象パターンの画像が表示され、その一つに矩形のROI212が設定されている。ROI形状選択部220は、ROI形状選択部220aの他、選択の候補となる境界形状の名称がプルダウンメニュー220b~220fとして示されている。エッジ探索方向指定部222は、ROI境界内部へ向かう探索を指定する部222aと、ROI境界の外側へ向かう探索を指定する部222bとを含む。

【0062】図3は、プルダウンメニュー220b~220fにより呼出可能なROI境界形状(候補図形)の一覧図である。矩形(Rectangle)220bには、それぞれX方向およびY方向の探索が可能な2つの矩形形状が示されている。円形・楕円形(Ellipse)220cには、円形または楕円形のROI境界が示されている。一端を半円・半楕円・放物線とした矩形(Capsule1~4(第1の矩形図形))220d1~220d4には、4種類のROI境界が示されている。Capsule1, 2は、一端を半円・半楕円または放物線とした矩形であり、Capsule1は、半円・半楕円・放物線を矩形の一端から外側へ膨らむように配置した矩形であり、Capsule2は、半円・半楕円・放物線を矩形を切り欠くようにその一端から内側へ配置した矩形である。Capsule3, 4は、両端を半円・半楕円または放物線とした矩形であり、Capsule1, 2と同様にして、Capsule3が矩形の両端から外側へ膨らむように、また、Capsule4が矩形の両端から矩形自身を切り欠くように半円・半楕円・放物線をそれぞれ配置した矩形である。コーナを1/4(楕)円とした矩形(Round(第2の矩形図形))220e1~220e4は、それぞれ1隅~4隅を1/4(楕)円とした矩形(Round1~4)を含む。ポテンシャル曲線(Potential)220fは、エッジ探索用曲線群の算出を指定する部であり、その詳細は後述する。

【0063】図1に示すパターン検査装置100の動作について、本発明にかかるパターン検査方法の第1~第7の実施形態として以下に説明する。

【0064】(2)パターン検査方法の第1の実施形態本発明にかかるパターン検査方法の第1の実施の形態について説明する。本実施形態は、図29の領域E p 2で示した問題を解消するものである。

【0065】図29に示した半導体デバイスパターンP 2は、設計段階では概略矩形状に設計されているが、リソグラフィ工程を経るとその形状は、コーナ部が丸まった形状に変調されたものである。そこで本実施形態においては、図4(c)に示すように、ROI境界の形状について、四隅のうち二つを1/4(楕)円で置き換えた 10 矩形で定義した。

【0066】即ち、まず、検査対象パターンP 2の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210(図2参照)に表示させる。

【0067】次に、表示された画像に対して、図4(a)に示すように、表示画面210上でパターンP 2*

$$\text{半径} R 2 = (w/2) / 1.618 \text{ (黄金分割比)} \dots \text{(式1)}$$

となるように決定し、1/4円の両端で元の矩形境界の 20 辺と接するように数値計算によって中心位置c 2、c 2'を決定した。このように、基準点SP 2、SP 2'をマウス等で指定するだけで完全にROI境界12の形状を決めることができる。

【0069】次に、エッジ探索方向指定部222(図2参照)の2つのボタンのうち、例えば釦222aを選択することにより、ROI境界12の内部へ向かうエッジ探索方向を指定する。これにより、画像処理ユニット130の輪郭抽出部138は、図4(d)に示すように、ROI境界12上にある画素からROI境界12の内部 30 に向かって、例えば以下の手順でエッジを探索する。

【0070】

- E 1: ROI境界12からX軸に平行な方向
- E 2: ROI境界12から1/4円の中心C 2に向かう方向
- E 3: ROI境界12からY軸に平行な方向
- E 4: ROI境界12から1/4円の中心中心C 2'に向かう方向
- E 5: ROI境界からX軸に平行な方向

本実施形態のエッジ探索においては、各探索方向に対し 40 て画素の濃淡値を調べていき、濃淡値がその最大値と最小値の50%となる位置のうち最も外側となる座標をエッジ点座標と定義した。

【0071】上述の方法により、図29の領域E p 2におけるエッジ抽出の失敗が解消される。

【0072】なお、本実施形態においてはマウスカーソルCSの位置を画像上で読取ることによりROI境界を定義したが、例えばSP 2、SP 2'の位置をデータとしてパターン検査装置100のメモリM 2に予め格納し 50 ておき、検査に先立ってそのデータを読込んで上述した

*の端部近傍の任意の位置SP 2にマウスカーソルCSを移動し、マウスMをクリックすることによりパターンP 2近傍の左上に基準点SP 2を指定する。次いで、図4(b)に示すように、矩形の対角線を設定するように、所望の検査領域の右下隅となる位置SP 2'までマウスカーソルCSをドラッグし、検査対象領域のサイズを画定させる。

【0068】次に、表示画面210(第2フレームFR 2)内のROI形状選択部220からプルダウンメニューを引き出してCapsule釦220dを選択し、表示されたCapsule 1~4のうち、Capsule 1(図3参照)の釦220d1を選択する。これにより、図4(c)に示すように、基準点SP 2、SP 2'を結ぶ線を対角線とする矩形状であって、矩形境界の上部の2つの角が1/4円で置換されたROI境界12を設定する。本実施形態では、1/4円の半径R 2は、SP 2、SP 2'間の幅w 2に対して、

ようにROIを生成することも可能である。

【0073】本実施形態では矩形領域の角を1/4円で置き換えたが、これは1/4楕円であっても良い。また、矩形領域の大きさに対する楕円の長径・短径または円の半径の割合も上述した黄金分割比に限ることなく、適時変更が可能である。または類似の閉曲線として【数7】

$$\frac{(x-x_0)^4}{a^4} + \frac{(y-y_0)^4}{b^4} = 1 \dots \text{(式2)}$$

で表わされる曲線を用いても良い。

【0074】本実施形態においては、ROI境界12の内側に向かってエッジを探索したが、エッジ探索方向指定部222の釦222bを選択することにより、図4(e)に示すように、ROI境界12の内側から外側へ向かって探索しても良い。

【0075】さらに、本実施形態においてはエッジ点座標の決定方法として閾値法を採用したが、これに限ることなく、エッジの状態に応じて適時変更が可能である。即ち、ルーフエッジ画像に対してはピーク位置をエッジとすればよいし、ステップエッジ画像に対しては探索方向に沿って濃淡値の微分・二次微分を計算し、その絶対値が最大となる位置をエッジ点座標として決定しても良い。各種の二次元フィルタとの併用も勿論可能である。これらの点は、次記する第2~第6の実施形態についても同様である。

【0076】(3)パターン検査方法の第2の実施形態次に、本発明にかかるパターン検査方法の第2の実施の形態について図5を参照しながら説明する。本実施形態は、図30の領域E p 4、6、8、10に示す問題点を解決するものである。

【0077】本実施形態においては、ROI境界の形状

21

を、矩形の両端を半円で置き換えた図形（図3のCapsule 3）によって定義した。

【0078】即ち、まず、SEMユニット110からホストコンピュータ124を介して検査対象パターンP4の画像データを取得し、画像処理ユニット130の画像取得部132に取込むとともに、その画像を表示部126に表示する。

【0079】次に、表示された検査対象パターンP4に対して、図5（a）に示すように、表示部126の表示画面210上でパターンP4の左上の任意の位置にマウスカーソルCSを移動し、クリックすることにより基準点SP4を指定した。次いで、検査領域の右下隅SP4'までカーソルCSをドラッグした。

【0080】次に、表示画面210（第2フレームFR2）内のROI形状選択部220からプルダウンメニューを引き出してCapsule 220dを選択し、表示されたCapsule 1~4のうち、Capsule 3（図3参照）の220d3を選択する。これにより、図5（b）に示すように、基準点SP4、SP4'によって決定された矩形境界の上下の2辺が半円で置換されてROI境界14が設定される。本実施形態において半円の半径R4は、SP4、SP4'間の幅w4に対して $w4/2$ となるように定義し、半円の両端で元の矩形境界の辺と接するようにした。このように、SP4、SP4'をマウスで指定するだけで容易にROI境界14の形状を決めることができる。

【0081】次に、エッジ探索方向指定部222（図2参照）の2つの釦のうち例えば釦222aを選択することにより、エッジ探索方向を指定する。これにより、画像処理ユニット130の輪郭抽出部138は、図5（c）に示すように、ROI境界14上にある画素からROI境界14の内部に向かって、例えば以下の手順でエッジを探索する。

【0082】

E11：ROI境界14から円の中心C4に向かう方向
E12：ROI境界14からX軸に平行な方向
E13：ROI境界14から中心C4'に向かう方向
E14：ROI境界14からX軸に平行な方向

本実施形態においても、各探索方向に対して画素の濃淡値を調べていき、濃淡値がその最大値と最小値の50%となる位置のうち最も外側となる座標をエッジ点座標と定義した。

【0083】以上の方法により、図30の領域Ep4、6、8、10におけるエッジ抽出の失敗が解消する。

【0084】なお、本実施形態においても、ROI境界コーナ部の形状・サイズを選択、エッジ探索における境界領域の内側/外側の切換、およびエッジ点座標の決定方法などは、上述した第1の実施形態と同様に適宜変更可能である。

【0085】（4）パターン検査方法の第3の実施形態

22

次に、本発明にかかるパターン検査方法の第3の実施の形態について図6を参照しながら説明する。本実施形態は図31の領域Ep12、14に示す問題点を解消するものであり、その特徴は、複数のROI境界形状を組み合わせることにより複雑なパターンに適合するROI境界を設定する点にある。

【0086】まず、検査対象パターンP6の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210（図2参照）に表示させる。

【0087】次に、表示された画像に対して、マウスドラッグとプルダウンメニュー中のRectangle釦220bの選択とにより、図6（a）に示すように、第1のROI境界16a'を設定する。

【0088】次に、マウスドラッグとプルダウンメニュー中のRound2（図3参照）の選択とにより、図6（b）に示すように、第2のROI境界16b'を設定する。

【0089】次に、第1のROI境界16a'と第2のROI境界16b'とで囲まれる領域を合成して図6（c）に示すように、一つのROI境界16を作成し、ROI境界16内の各領域に対応してエッジ探索方向を以下のように決定し、ROI境界16上にある画素からROI境界16の内部に向かってエッジを探索した。

【0090】

E21：ROI境界16からX軸に平行な方向
E22：ROI境界16からY軸に平行な方向
E23：ROI境界16から1/4円の中心C6に向かう方向

E24：ROI境界16からX軸に平行な方向
E25：ROI境界16から中心C6'に向かう方向
E26：ROI境界16からY軸に平行な方向
E27：ROI境界16からX軸に平行な方向
E28：ROI境界16からX軸に平行な方向

ここでエッジ探索は、実施形態（2）および（3）と同様に、濃淡値の最大値と最小値の50%となる位置のうち最も外側となる座標をエッジ点座標と定義した。

【0091】上述した本実施形態の方法により、図31の領域Ep12、14におけるエッジ抽出の失敗が解消する。

【0092】なお、本実施形態においても、ROI境界コーナ部の形状・サイズを選択、エッジ探索における境界領域の内側/外側の切換、およびエッジ点座標の決定方法などは、上述したパターン検査方法の第1および第2の実施形態と同様に適宜変更可能である。

【0093】（5）パターン検査方法の第4の実施形態
次に、本発明にかかるパターン検査方法の第4の実施の形態について図7を参照しながら説明する。本実施形態の特徴も前述した第3の実施形態と同様に、複数のROI

23

I境界形状を組合わせることにより図32の領域E p 1 8～E p 3 0に示す問題点を解消する点にある。

【0094】まず、検査対象パターンP 8の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210（図2参照）に表示させる。

【0095】次に、表示された画像に対して、マウสดラッグとプルダウンメニュー中のRound 4 鈕220 e 4の選択とにより、図7（a）に示すように、第1のROI境界20 a'を設定する。

【0096】次に、マウสดラッグとプルダウンメニュー中のE l l i p s e 鈕220 c（図3参照）の選択とにより、図7（b）に示すように、検査パターンP 8の4隅について第2のROI境界20 b'～20 e'を設定する。

【0097】次に、第1のROI境界20 a'と第2のROI境界20 b'～20 e'とで囲まれる領域を合成して図7（c）に示すように、一つのROI境界20を作成してROI境界20内の各領域に対応してエッジ探索方向を以下のように決定し、さらに、ROI境界20上にある画素からROI境界20の内部に向かってエッジを探索する。

【0098】

E 3 1：ROI境界20からY軸に平行な方向

E 3 2：ROI境界20から円の中心C 8 aに向かう方向

E 3 3：ROI境界20からX軸に平行な方向

E 3 4：ROI境界20から中心C 8 bに向かう方向

E 3 5：ROI境界20からY軸に平行な方向

E 3 6：ROI境界20から中心C 8 cに向かう方向

E 3 7：ROI境界20からX軸に平行な方向

E 3 8：ROI境界20から中心C 8 dに向かう方向

本実施形態においても、エッジ探索におけるエッジ点座標は、上述した第1～第4の実施形態と同様に、濃淡値の最大値と最小値の50%となる位置のうち最も外側となる座標と定義した。

【0099】本実施形態のパターン検査方法により、図32の領域E p 1 6～E p 3 0におけるエッジ抽出の失敗が解消する。

【0100】なお、本実施形態においても、上述した実施形態と同様に、ROI境界コーナ部の形状・サイズを選択、エッジ探索における境界領域の内側／外側の切換、およびエッジ点座標の決定方法などは適宜変更可能である。

【0101】（6）パターン検査方法の第5の実施形態次に、本発明にかかるパターン検査方法の第5の実施の形態について図8を参照しながら説明する。本実施形態は、図33に示す問題点を解消するものであり、その特徴は、矩形を切り欠くように半円・半楕円・放物線をそ

24

の両端から内側へ向けて配置した矩形状を用いてROI境界を設定する点にある。

【0102】まず、検査対象パターンP 10、P 12の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210（図2参照）に表示させる。

【0103】次に、図8（a）に示すように、表示された画像に対してROI境界の対向するコーナの一端となり得る位置にマウスカーソルC Sを移動し、マウスMをクリックすることにより、パターンP 10の先端の左上に基準点S P 12を指定する。次いで、ROI境界の対向するコーナの他端となり得る位置にマウスカーソルC Sをドラッグし、基準点S P 12'を指定する。

【0104】次に、基準点S P 12、12'により決定された矩形境界の左右の両端を境界の内側を向くように半円で置き換えることにより、図8（b）に示すように、ROI境界22を設定する。ここでは、前述した第1の実施形態と同様に、半円の半径を基準点S P 12、12'により決定される矩形境界幅w 12に対してw 12/2となるように設定し、半円の両端で元の矩形境界の辺と接するようにする。これは、表示画面210中のプルダウンメニューからC a p s u l e 4の鈕220 d 4を選択することにより容易に設定できる。

【0105】このように本実施形態についても、マウスMを用いて基準点S P 12、12'を指定するだけでROI境界22を設定できる。

【0106】次に、エッジ探索方向指定部222（図2参照）の2つの鈕のうち例えば鈕222 bを選択することにより、エッジ探索方向を指定する。これにより、画像処理ユニット130の輪郭抽出部138は、図8

（c）に示すように、ROI境界22上にある画素からROI境界22内部の各領域に向かって、例えば以下の手順でエッジを探索する。

【0107】

E 4 1：ROI境界22から円の中心C 12へ向う方向

E 4 2：ROI境界22から円の中心C 12'へ向う方向

さらに、上述した閾値法により、エッジ点座標を決定した。

【0108】本実施形態においては、矩形境界の上下の両辺についてエッジ探索を実行しないが、必要に応じて図3のC a p s u l e 4で示す探索方向へのエッジ探索を追加しても良い。

【0109】なお、本実施形態においても、上述した実施形態と同様に、ROI境界両端部の形状・サイズを選択、エッジ探索における境界領域の内側／外側の切換、およびエッジ点座標の決定方法などは適宜変更可能である。

【0110】（7）パターン検査方法の第6の実施形態

25

次に、本発明にかかるパターン検査方法の第6の実施の形態について図9を参照しながら説明する。本実施形態は、図34に示す問題点を解消するものであり、その特徴は、矩形を切り欠くように半円・半楕円・放物線をその一端から内側へ向くように配置した矩形状を用いてROI境界を設定する点にある。

【0111】まず、検査対象パターンP14、P18の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210（図2参照）に表示させる。

【0112】次に、図9（a）に示すように、表示された画像に対してパターンP14の先端部の近傍であってROI境界の対向するコーナの一端となり得る位置にマウスカーソルCSを移動し、マウスMをクリックすることにより、パターンP14の先端の左上に基準点SP14を指定する。次いで、パターンP18の下部領域内でROI境界の対向するコーナの他端となり得る位置にマウスカーソルCSをドラッグし、基準点SP14'を指定する。

【0113】次に、基準点SP14、14'により決定された矩形境界の左右の両端のうちパターンP14の先端部を覆う一端を半円で置換えることにより、図9

（b）に示すように、ROI境界24aを設定する。ここで、前述した第1の実施形態と同様に、半円の半径R14を基準点SP14、14'により決定される矩形境界の幅w14に対して $w14/2$ となるように設定し、半円の両端で元の矩形境界の辺と接するようにする。これは、表示画面210中のプルダウンメニューからCapsule2の鉤220d2を選択することにより容易に設定できる。

【0114】このように、本実施形態についても、マウスMを用いて基準点SP14、14'を指定するだけでROI境界24aを設定できる。

【0115】次に、ROI境界24aの右側の辺に平行な線をROI境界24a内のパターンP18の外側に設定し、これによりパターンP18のエッジを探索するための補助線24bを設定する。

【0116】次に、エッジ探索方向指定部222（図2参照）の2つの鉤のうち例えば鉤222bを選択することにより、エッジ探索方向を指定する。これにより、画像処理ユニット130の輪郭抽出部138は、図9

（c）に示すように、ROI境界24aの半円上にある画素から半円の中心C14へ向って、かつ、補助線24bからROI境界24aの外側へ向かって、例えば以下の手順でエッジを探索する。

【0117】

E51：ROI境界24aから円の中心C14へ向う方向

E52：補助線24bから右側へ向う方向

26

さらに、上述した閾値法により、エッジ点座標を決定した。

【0118】本実施形態においても、矩形境界の上下の両辺についてはエッジ探索を実行しないが、必要に応じて図3のCapsule2で示す探索方向へのエッジ探索を追加しても良い。

【0119】なお、本実施形態においても、上述した実施形態と同様に、ROI境界端部の形状・サイズを選択、エッジ探索における境界領域の内側／外側の切換、およびエッジ点座標の決定方法などは適宜変更可能である。

【0120】（8）パターン検査方法の第7の実施形態次に、本発明にかかるパターン検査方法の第7の実施の形態について図10を参照しながら説明する。本実施形態の特徴は、SEM画像のピクセルのグレーレベルに基づいて等ポテンシャル曲線を導き、この等ポテンシャル曲線に直交する曲線群を作成し、得られた曲線群に沿ってエッジ探索を実行する点にある。

【0121】まず、上述した実施形態と同様に、検査対象パターンP20の画像データをSEMユニット110からホストコンピュータ124を介して画像処理ユニット130の画像取得部132に取込み、表示部126の表示画面210（図2参照）に表示させる。

【0122】次に、表示された画像について上述したマウスドラッグとプルダウンメニュー中のRectangle鉤220bの選択とにより、図10（a）に示すように、検査対象となる注目領域26を設定する。

【0123】次に、プルダウンメニュー220中のPotential鉤220fをマウスカーソルCSの移動とマウスMのクリックにより指定する。これにより、画像処理ユニット130のエッジ探索用曲線算出部136（図1参照）は、以下の演算処理を実行する。

【0124】即ち、まず、注目領域26内で画像が属する平面を複素平面 $z = x + iy$ とみなし、位置 $z_i = x_i + iy_i$ にあるピクセルのグレーレベル g_i にもとづいて、画像上の位置 z における画像のポテンシャル関数を次式で定義する。

【0125】

【数8】

$$V(z) = \sum_{i=1}^N \frac{f(g_i)}{h(|z-z_i|)} \quad \dots (式3)$$

ここで $f(g_i)$ は g_i に関して単調な関数、 $h(|z-z_i|)$ は $|z-z_i|$ と共に滑らかに減少する関数であり、例えば以下のような形にすることによって、 z 平面上で微分可能な関数とすることができる。

【0126】

【数9】

$$V(z) = \sum_{i=1}^N g_i \frac{1 - \exp(-|z-z_i|)}{|z-z_i|} \quad \dots (式4)$$

50 この関数の等ポテンシャル曲線を図10（b）に示す。

27

同図内で等高線に類似の破線32が等ポテンシャル曲線(第1の曲線群)である。しかしながら、このような等高線の計算には時間を要するため、破線32は画面上に表示しなくても良い。

【0127】次いで、(式3)のポテンシャル関数と以下のコーシー・リーマンの関係で導かれる関数 $W(z)$ を算出した。

【0128】

【数10】

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial W}{\partial y}, \quad \frac{\partial V}{\partial y} = -\frac{\partial W}{\partial x} \quad \dots (式5)$$

次に、数値計算によって W を計算し、図10(c)に示すように、 $W = \text{Const.}$ となる z 平面状の曲線群34(第2の曲線群)を適当な刻みの Const. を順次与えることにより作図する。関数 $V+iW$ は正則関数となるために、この曲線群34は複素解析の原理によって、常に等ポテンシャル曲線32に対して直交する。

【0129】最後に、このようにして得られた曲線群34に沿って従来の方と同様にエッジを探索する。この結果、パターンP20のように、従来の技術では失敗していた複雑なパターンについてエッジ探索が成功する。

【0130】(9)パターン検査装置の第2の実施形態次に、本発明にかかるパターン検査装置の第2の実施の形態について説明する。図11は、本実施形態のパターン検査装置の概略構成を示すブロック図である。図1との対比において明らかなように、図11に示すパターン検査装置120の特徴は、画像処理ユニット130に代えて画像処理ユニット150を備え、さらに必要に応じてこの画像処理ユニット150に設計データ162が取込まれる点にある。パターン検査装置120のその他の構成要素は、図1に示すパターン検査装置100と実質的に同一である。

【0131】画像処理ユニット150は、画像取得部132、輪郭抽出部138およびパターン評価部152の他、本実施形態において特徴的な折れ線作成部154、切り欠き処理部156およびエッジ探索方向算出部158を含む。折れ線作成部154と切り欠き処理部156は、本実施形態において折れ線作成手段を構成する。画像取得部132は、検査対象パターンのSEM画像をSEMユニット110から取得し、雑音除去および2値化の処理を実行した後に、パターンの概略輪郭を抽出する。折れ線作成部154は、本実施形態において第1の折れ線作成手段を構成し、後述する方法により、パターンの形状に近い形状を持つ折れ線を作成する。切り欠き処理部156は、折れ線作成部154で作成された折れ線の頂点を抽出し、各頂点について切り欠きの処理を実行する。エッジ探索方向算出部158は、折れ線作成部154により作成された折れ線形状に基づいてエッジ探索方向を算出する。輪郭抽出部138は、算出されたエッジ探索方向に沿ってパターンのエッジ点座標等の輪郭

28

情報を抽出する。

【0132】図11に示すパターン検査装置のより具体的な動作について、本発明にかかるパターン検査方法の第8～第10の実施の形態として以下に説明する。以下の説明においては、サンプルとして石英上にCr膜で形成されたパターンを検査する場合について説明する。

【0133】(10)パターン検査方法の第8の実施形態

図12は、本実施形態のパターン検査方法を説明するフローチャートであり、また、図13～図20は、本実施形態のパターン検査方法の説明図である。

【0134】まず、検査対象パターンが形成されたサンプル(レチクル)をSEMユニット110の試料室に搬入し、ステージ114を操作して検査対象パターンのSEM画像を取得する(ステップS1)。図13に示すパターンP22は、検査対象パターンの一例である。同図に示すパターンP22は、4隅のうちの1つが外側領域に向って膨張したような矩形状を有する。図14は、検査対象パターン22のSEM画像の一例を示す。

【0135】次に、得られたSEM画像の画像データに対してミディアンフィルタでごま塩雑音を除去し(ステップS2)、次いで2値化処理を実行する(ステップS3)。2値化処理後のパターンP22のSEM画像を図15に示す。同図において、Crに基づく部分とパターンエッジ部分とはより明るくなるので、白く表示され、また、それ以外のクオーツの部分はより暗いので黒く表示されている。この2値化画像に対して輪郭追跡法などにより白部分での概略の輪郭線を抽出する(ステップS4)。

【0136】次に、この概略輪郭線を水平線と垂直線とで構成される折れ線に近似させる。本実施形態における折れ線形状の作成方法は、次のとおりである。

【0137】まず、図16(a)～(c)にそれぞれ示すような数種類のテンプレートTP2、TP4、TP6(第1のテンプレート)を予め準備しておき、これらのテンプレートと輪郭線とのパターンマッチングをそれぞれ実行する(ステップS5)。マッチングは各テンプレートについて回転・拡大/縮小・平行移動の座標変換を施しながら実行する。これにより、テンプレートと実際の画像との間でサイズの相異等があってもマッチングが可能になる。

【0138】次に、各テンプレートの形状のうち、マッチングがとれた部分の形状を互いに伸ばしてつなぎ合わせ、パターンの概略輪郭に近似する折れ線(第1の折れ線形状)を作成する(ステップS6)。このように作成した折れ線の一例を図17に示す。同図に示す折れ線PL2は、図13に示すパターンP22について作成したものである。なお、設計データ162(図11参照)などからこのパターンが閉曲線か否か、または、頂点の数などの情報を取得し、これによりマッチングに制限をか

29

けることも可能である。

【0139】次に、この折れ線の頂点を抽出し、各頂点について切り欠きの処理を実行する（ステップS7）。図18は、切り欠き処理の具体的方法の説明図である。まず、頂点42を挟む二つの線分で形成される角のうち、小さい方の角 θ_2 を2等分する方向に直線44を作成し、次に、この直線44に直交する法線46を作成する。さらに、この法線46に平行な方向に頂点を中心として折れ線を切り欠く。切り欠きの大きさは測定者により任意に決定できる。このような切り欠き処理を実行した後の折れ線（第2の折れ線形状）PL4を図19に示す。

【0140】次に、作成された折線PL4に対して垂直な方向に一定の間隔で探索方向を算出する（ステップS8）。即ち、図19の矢印に示すように、折線PL4の水平部分では垂直な方向に、垂直部分では水平な方向に、また、切り欠きの部分では切り欠きの各線分に垂直な方向に探索する。

【0141】本実施形態においては、図14に示すように、Cr膜の島状パターンを測定するので、エッジの探索は、パターンの外側から内側に向かって実行した。即ち、折れ線PL4の外側から内側に向かう方向である。図15の2値化画像については黒部分から白部分に向かう方向になる。

【0142】本実施形態とは逆に、Cr膜内に穴状のパターンが形成されている場合は、エッジの探索は、パターンの内側から外側へ向かって実行する。即ち、折れ線の内側から外側へ向かう方向である。2値化画像について説明すると、その黒部分から白部分に向かう方向である。

【0143】本実施形態では石英上にCr膜でパターンが形成されているサンプルなので、エッジ探索方向は、常に2値化画像の黒部分（石英）から白部分（Cr膜）に向かう方向となるが、これとは異なる膜構成のサンプルを測定する場合には、白部分から黒部分に向かってエッジ探索を実行する場合もある。

【0144】また、切り欠き部分でのエッジ探索方向は以下のように算出して良い。即ち、図20に示すように、切り欠き部分56の線分46'を底辺とする直角二等辺三角形52を、その直角部分の頂点53が折れ線PL2の内側に来るように作成する。さらに、この頂点53を中心とし、三角形52の二等辺部分を半径とする1/4円を作成する。即ち、1/4円の両端点は切り欠きの線分46'の始点および終点に一致する。次に、1/4円から頂点42に向かう方向に一定の角度間隔でエッジ探索を実行する。なお、1/4円の中心は二等辺三角形52の頂点53でなくても、切り欠き部分の線分46'に垂直で、この線分46'を2等分する直線54上の任意の点でも良い。

【0145】また、検索の長さ（幅）は、折れ線PL4

30

からみて外側と内側がそれぞれ等しくなるように設定しておく。これにより、常に同じROI幅でエッジを抽出することが可能になる。

【0146】以上のように算出された探索方向に沿って予め決められたアルゴリズムに従いエッジの探索を行い、パターンP22のエッジ輪郭を抽出する（ステップS9）。

【0147】最後に、得られた輪郭情報により、検査対象パターンP22の寸法、面積、エッジラフネス、周囲長、パターンの丸まり具合等を算出し（ステップS10）、検査結果を出力する。

【0148】なお、本実施形態においてはパターンの概略輪郭を作成するために2値化処理を用いたが、これに限ることなく、例えば差分フィルタなど他の手法を用いても良い。また、本実施形態では取得した画像に対してメディアンフィルタ処理により前処理を施したが、これに代えて移動平均、重み付け移動平均などを用いても良い。また、本実施形態のパターン検査方法は、表示部126の表示画面210でSEM画像を観察しながら画像処理ユニット150上でオンラインで同時に操作しても良いし、またはSEM画像を取得した後に、オフラインで操作しても良い。さらに、折れ線PL2を作成するために本実施形態においては直線またはカギ型の折れ線が含まれるテンプレートTP4、TP6およびTP8を利用したが、検査対象のパターンが単純な島状パターンである場合は、概略の輪郭線から外接四角形または内接四角形を作成する方法でも良い。以上の点は、次記する第9および第10の実施形態についても同様である。

【0149】（11）パターン検査方法の第9の実施形態

次に、本発明にかかるパターン検査方法の第9の実施の形態について図面を参照しながら説明する。図21は、本実施形態のパターン検査方法の概略手順を示すフローチャートであり、また、図22～図25は、本実施形態のパターン検査方法の説明図である。本実施形態においても、検査対象パターンとして図13に示すパターンP22を取上げて説明する。

【0150】まず、図21に示すように、前述した第8の実施形態と同様に、微細パターンが形成されているサンプルをSEMユニット110の試料室内に搬入し、ステージ114を操作して検査対象パターンP22のSEM画像を取得して、ノイズ除去および2値化処理を実行する（ステップS11～S13）。

【0151】次に、図22に示すようなテンプレートTP12（第2のテンプレート）を準備し、2値化処理後のSEM画像に対してパターンマッチングを実行し（ステップS14）、頂点を抽出する（ステップS15）。このとき、テンプレートTP12について回転やスケール等の点で自由度をもたせ、かつ、テンプレートTP12の明暗（白黒）の情報を無視してパターンマッチング

を実行した。このようなパターンマッチングの結果を図23に示す。同図中×印をつけた箇所58a~58hがテンプレートにマッチした箇所である。このとき、画面内のパターンに頂点がいくつあるか、また、パターンが閉曲線か否かについては、パターンの設計データ162(図11参照)等から抽出してマッチングに制限をかけた。

【0152】次に、抽出された頂点同士を線分でつなぐ。このとき、次の制限を設けた。即ち、

- 1) 頂点から線分をのばす方向はマッチングされたテンプレートと同じ方向で2方向のみとする。
- 2) 線分は1方向に対して1本のみ他の線分と交わるものとする。
- 3) 線分が他の線分と交わった時点、または画面の端まで到達した時点で線分の延長を中止する。

【0153】このようにして図17と同様の第1の折れ線PL2を作成した(ステップS16)。

【0154】また、頂点同士を結ぶためには次のような方法を用いても良い。まず、設計データ162等から検査対象パターンP22の図形を読み込み、これを例えばフリーマンのチェーンコードに変換する。フリーマンのチェーンコードとは、図24に示すように、45°を単位とした方向のそれぞれに番号を付け、図形の形状を数字コードで表現する方法である。例えば本実施形態で測定されるパターンP22の形状を例えば図13の紙面左下の頂点に対応する箇所から時計回りにチェーンコードで表現すると、「20206484」となる。抽出された頂点同士を結ぶときにもこのコードに従って実行すれば、図17と同様の第1の折れ線PL2を作成できる。

【0155】その後、前述した第8の実施形態と同様に第1の折れ線PL2を切り欠き(ステップS17)、切り欠き後の折れ線PL4に対して垂直な方向にエッジ探索方向を算出する(ステップ18)。エッジ探索の向きは、マッチングの際、テンプレートに対して明暗(白黒)が一致しているか逆転しているかで決定した。即ち、図22に示すテンプレートTP12の場合、明暗が一致している場合は折れ線の外側から内側に向かって、明暗が逆転している場合は、内側から外側に向かってエッジの探索を実行した。

【0156】その後は、第8の実施形態と同様に、パターンエッジの輪郭を抽出して(ステップS19)、検査対象パターンの形状を測定し(ステップS20)、検査結果を出力する。

【0157】なお、本実施形態においては図22に示すテンプレートTP12を準備したが、例えば図25に示すテンプレートTP14(第3のテンプレート)を用いても良い。また、テンプレートとのマッチングの前処理として2値化処理を用いたが、マッチングが安定して行えるようであればこの処理を用いなくても良いし、また、ノイズ除去フィルタを適用するなどの他の処理を加

えても良い。

【0158】(12)パターン検査方法の第10の実施形態

次に、本発明にかかるパターン検査方法の第10の実施の形態について図面を参照しながら説明する。図26は、本実施形態のパターン検査方法の概略手順を示すフローチャートである。また、本実施形態においても、検査対象パターンとして図13に示すパターンP22を取上げて説明する。

【0159】まず、前述した第8および第9の実施形態と同様に、微細パターンが形成されているサンプルをSEMユニット110の試料室内に搬入し、ステージ114を操作して検査対象パターンP22のSEM画像を取得して、ノイズ除去および2値化処理を実行する(ステップS21~S23)。

【0160】次に、パターンP22の設計データや描画データを利用して、パターンマッチングのテンプレートを以下のように作成する。

【0161】まず、検査対象パターンP22の設計データから頂点座標のデータを読み込み、この頂点座標データに基づいてパターンマッチング用のテンプレートを作成する。

【0162】また、これとは代替的に、上述した設計データをパターンの原点座標と、チェーンコードなどで表わされる形状データとに予め変換しておき、検査の際に、パターンP22の位置座標と同じ位置に有る形状データを読み込んで逐次マッチングのテンプレートを作成しても良い。

【0163】なお、上述した2つの方法のいずれにおいても、どの部分がパターンの残し部分になるか、どの部分が抜き部分になるかという情報からテンプレートを白黒の2値画像として作成する。また、検査対象パターンP22の形状が測定者において既知であれば、上述のテンプレートは、白黒の2値画像として作成しても良い。

【0164】その後は、パターンマッチング(ステップS24)、近似する折れ線形状(第1の折れ線形状)の作成(ステップS25)および切り欠き(ステップS26)、エッジ探索方向の算出(ステップS27)、輪郭抽出(ステップS28)並びに形状測定(ステップS29)の一連の処理を上述した第8および第9の実施形態と同様に実行する。

【0165】以上の第8~第10の実施形態において、探索方向の元となる第1の折れ線形状とのマッチング結果を2値化されたパターン画像とともにディスプレイ上に併せて表示させるようにしても良い。即ち、測定者が適宜切り欠き量を調整できるように切り欠き量設定の鉤を例えば表示装置126の表示画面210上に表示されるように予め設定しておく。測定中は、切り欠き前の折れ線をパターン画像に併せて表示し、この折れ線が、測定者に設定された切り欠き量に応じてパターン画像に重

33

ね合わせて変形されるようにすると良い。これにより、測定者は、この折れ線（第2の折れ線形状）を見て先に設定した切り欠き量が妥当か否かを判断できる。妥当でないと判断した場合には、測定者は、新たに切り欠き量を設定し直すことができる。

【0166】（13）プログラムおよび記録媒体
上述した実施形態においては、図形の輪郭の抽出方法およびパターン検査方法の一連の手順は、レシピファイルとしてメモリMR2に記憶させてパターン検査装置100または120の各画像処理ユニット130、150に実行させた。しかしながら、上述した図形の輪郭の抽出方法およびパターン検査方法の一連の手順は、これをプログラムに組み込んで汎用のコンピュータに読み込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかる図形の輪郭抽出方法およびパターン検査方法を外部の汎用サーバーやスタンドアロン型の汎用コンピュータを用いて実現することができる。また、上述した図形の輪郭抽出方法およびパターン検査方法の一連の手順をコンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、画像処理可能なコンピュータに読み込ませ、SEMから検査対象パターンの画像データを取込んで実行させても良い。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限られず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、上述した図形の輪郭抽出方法およびパターン検査方法の一連の手順を組み込んだプログラムをインターネット等の通信回線（無線通信を含む）を介して頒布しても良い。さらに、上述した図形の輪郭抽出方法およびパターン検査方法の一連の手順を組み込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布しても良い。

【0167】以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記形態に限ることなく、その技術的範囲内で種々変形して適用できることは勿論である。例えば、上述したパターン検査方法の実施形態では、SEMユニットから画像データを取得して実行したが、これに限ることなく光学顕微鏡やその他の走査型プローブ顕微鏡により得られたパターン画像に対しても本発明にかかるパターン検査方法を適用することができる。

【0168】

【発明の効果】以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【0169】即ち、本発明によれば、複雑な輪郭形状を有する場合であっても、図形の輪郭を正確かつ安定的に抽出できる方法が提供される。

【0170】また、本発明によれば、複雑な輪郭形状を有する場合であっても、パターンの輪郭情報を正確かつ安定的に抽出できるパターン検査方法およびパターン検査装置が提供される。

34

【0171】さらに、本発明によれば、上記効果を奏する図形輪郭の抽出方法およびパターン検査方法を汎用のコンピュータを用いて実現できるプログラムおよび記録媒体が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるパターン検査装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】図1に示すパターン検査装置が備える表示部の表示画面の一例を示す図である。

【図3】図2に示すプルダウンメニューにより呼出可能なROI境界形状の一覧図である。

【図4】本発明にかかるパターン検査方法の第1の実施の形態を説明する模式図である。

【図5】本発明にかかるパターン検査方法の第2の実施の形態を説明する模式図である。

【図6】本発明にかかるパターン検査方法の第3の実施の形態を説明する模式図である。

【図7】本発明にかかるパターン検査方法の第4の実施の形態を説明する模式図である。

【図8】本発明にかかるパターン検査方法の第5の実施の形態を説明する模式図である。

【図9】本発明にかかるパターン検査方法の第6の実施の形態を説明する模式図である。

【図10】本発明にかかるパターン検査方法の第7の実施の形態を説明する模式図である。

【図11】本発明にかかるパターン検査装置の第2の実施の形態を示すブロック図である。

【図12】本発明にかかるパターン検査方法の第8の実施の形態を説明するフローチャートである。

【図13】図12に示すパターン検査方法の検査対象である一パターンのSEM画像の一例である。

【図14】図12に示すパターン検査方法を説明する模式図である。

【図15】図12に示すパターン検査方法を説明する模式図である。

【図16】図12に示すパターン検査方法で用いるテンプレートの具体例である。

【図17】図12に示すパターン検査方法により得られた暫定的な折れ線形状の一例である。

【図18】図17に示す折れ線形状の各コーナ部を切り欠く一方法を説明する図である。

【図19】最終的な折れ線形状（第2の折れ線形状）に基づいてエッジ探索を実行する方法の説明図である。

【図20】折れ線形状の各コーナ部を切り欠く他の方法を説明する図である。

【図21】本発明にかかるパターン検査方法の第9の実施の形態を説明するフローチャートである。

【図22】図21に示すパターン検査方法に用いるテンプレートの一例を示す図である。

【図23】図21に示すパターン検査方法を説明する模

式図である。

【図24】フリーマンのチェーンコードの説明図である。

【図25】図21に示すパターン検査方法に用いるテンプレートの他の例を示す図である。

【図26】本発明にかかるパターン検査方法の第10の実施の形態を説明するフローチャートである。

【図27】従来技術によるパターン輪郭情報の抽出方法を説明する模式図である。

【図28】従来技術によるパターン輪郭情報の抽出方法を説明する模式図である。

【図29】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図30】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図31】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図32】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図33】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図34】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図35】従来技術の問題を説明する模式図である。

【図36】(a)は、エッジ探索方向がエッジに対して垂直でない場合のSEM画像の濃度プロファイルの一例であり、また、(b)は、エッジ探索方向がエッジに対して垂直な場合の画像の濃度プロファイルの一例である。

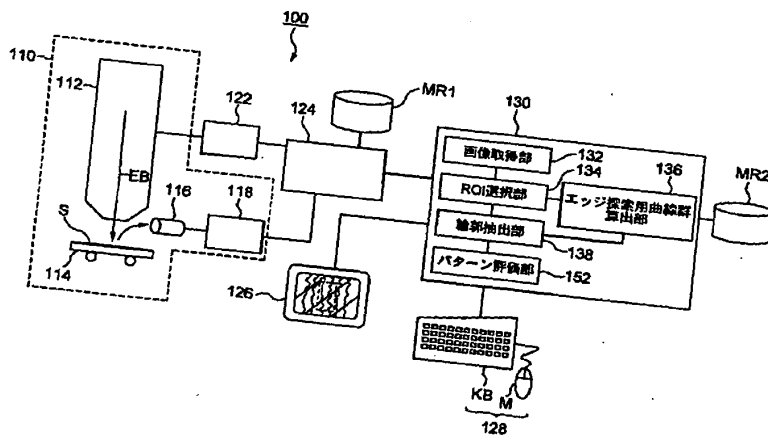
【図37】(a)は、垂直な断面形状を持つパターンの濃度プロファイルの一例であり、また、(b)は、断面*

*形状にテーパが有るパターンの濃度プロファイルの一例である。

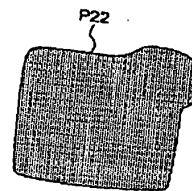
【符号の説明】

- 100, 120 パターン検査装置
- 110 SEMユニット
- 112 電子光学系
- 114 ステージ
- 116 二次電子検出器
- 118 信号処理部
- 122 電子光学系制御部
- 124 ホストコンピュータ
- 126 表示部
- 128 入力部
- 130, 150 画像処理ユニット
- 132 画像取得部
- 134 ROI選択部
- 136 エッジ探索用曲線群算出部
- 138 輪郭抽出部
- 152 パターン評価部
- E1~E52 エッジ探索手順
- S 基板
- KB キーボード
- M マウス
- MR1, MR2 メモリ

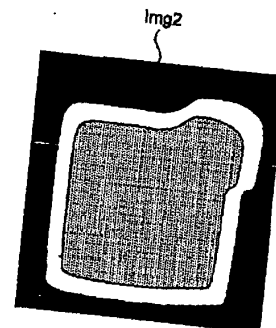
【図1】



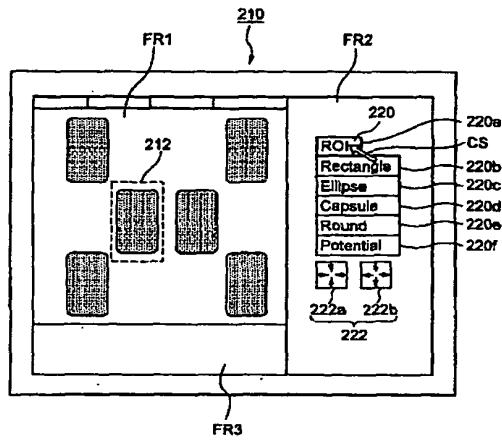
【図13】



【図14】



【図2】



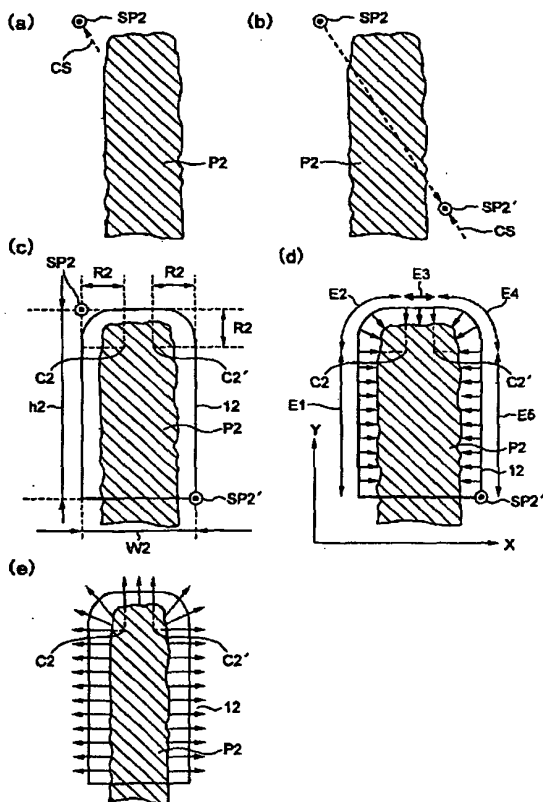
【図3】

	ROI境界の形	検査方向
220b	矩形 (Rectangle)	
220c	円形・楕円型 (Ellipse)	
220b1	一端を半円・半楕円・放物線とした矩形 (Capsule 1)	
220b2	一端を半円・半楕円・放物線とした矩形 (Capsule 2)	
220b3	両端を半円・半楕円・放物線とした矩形 (Capsule 3)	
220b4	両端を半円・半楕円・放物線とした矩形 (Capsule 4)	
220e1	1隅を1/4(楕)円とした矩形 (Round 1)	
220e2	2隅を1/4(楕)円とした矩形 (Round 2)	
220e3	3隅を1/4(楕)円とした矩形 (Round 3)	
220e4	4隅を1/4(楕)円とした矩形 (Round 4)	
220f	ポテンシャル曲線 (Potential)	(曲線に沿った方向)

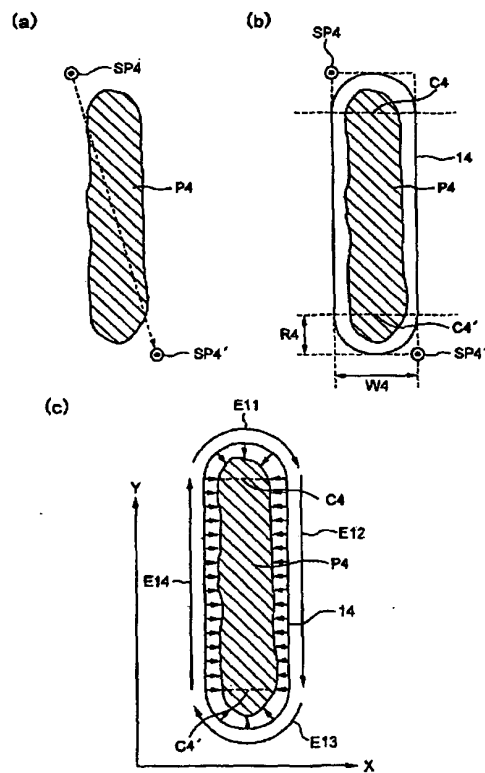
【図22】



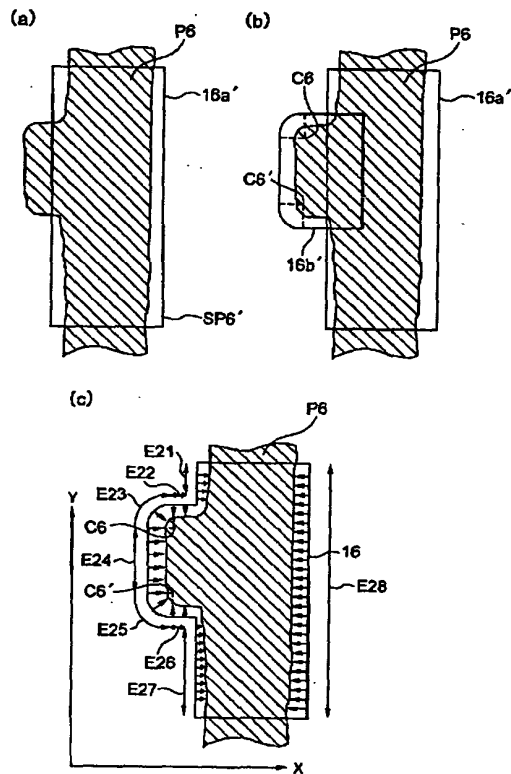
【図4】



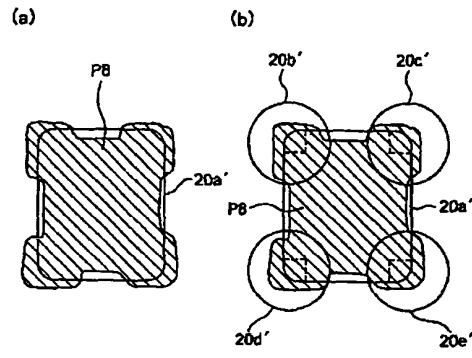
【図5】



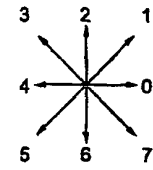
【図6】



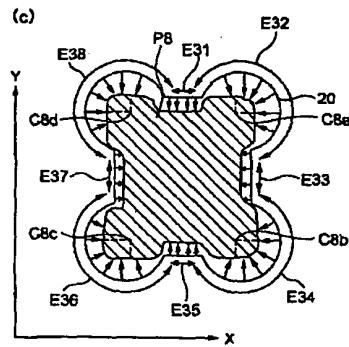
【図7】



【図24】

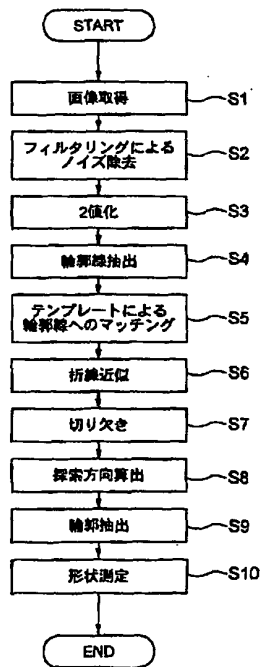


【図8】

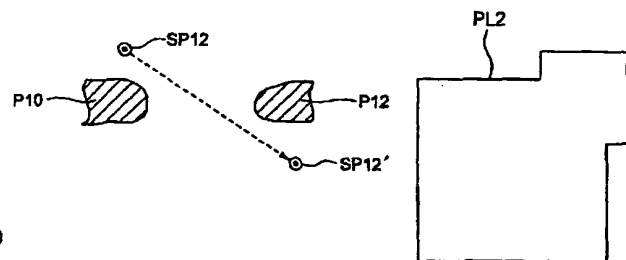


【図17】

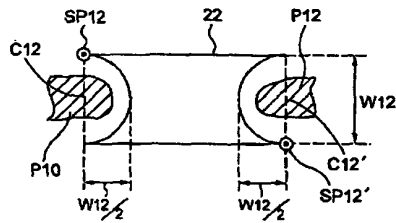
【図12】



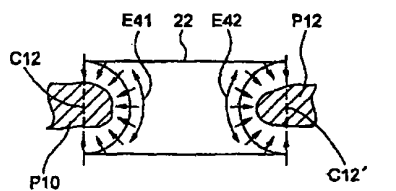
(a)



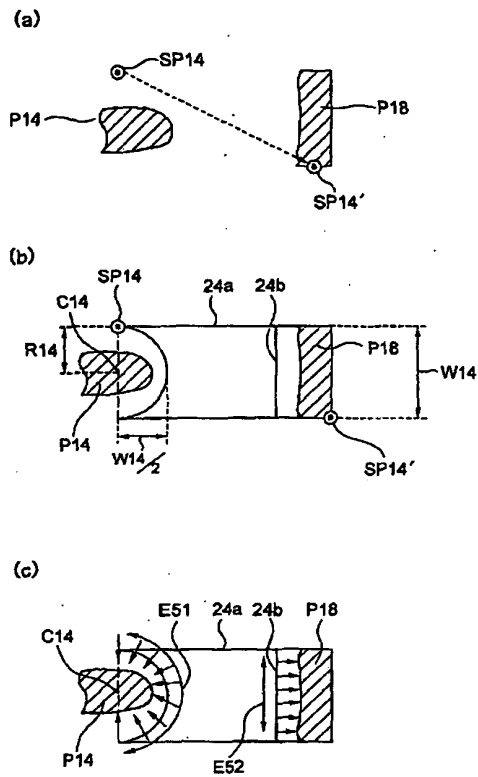
(b)



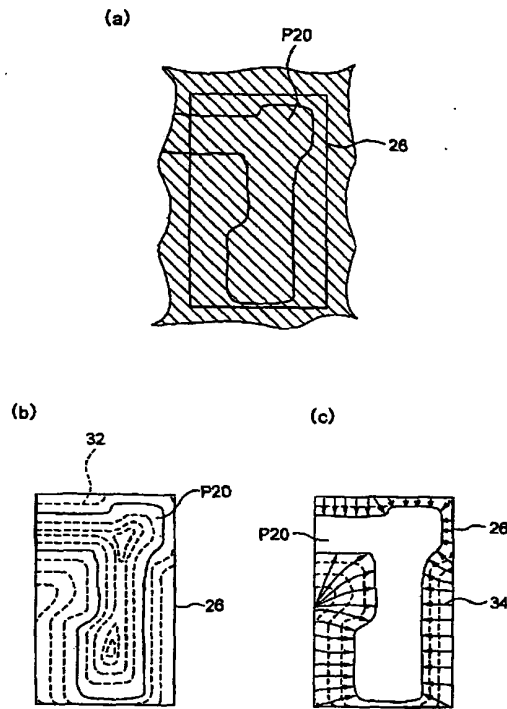
(c)



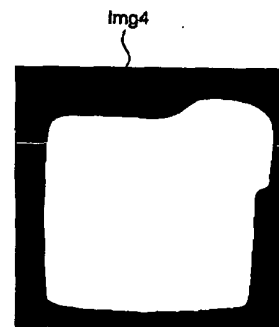
【図9】



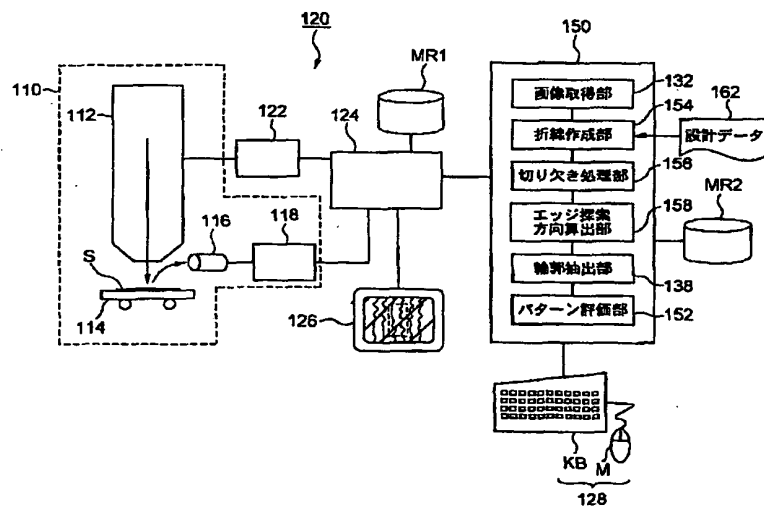
【図10】



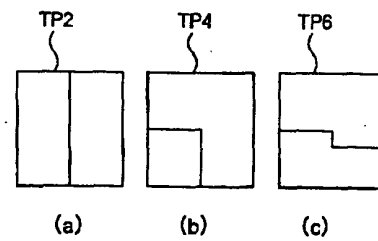
【図15】



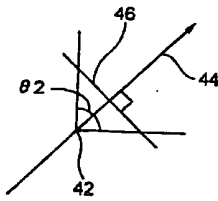
【図11】



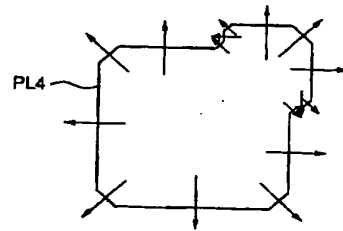
【図16】



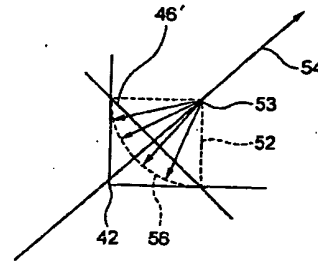
【図18】



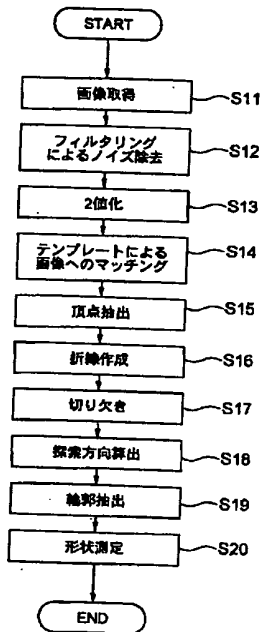
【図19】



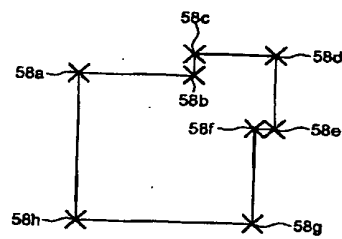
【図20】



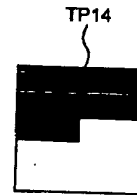
【図21】



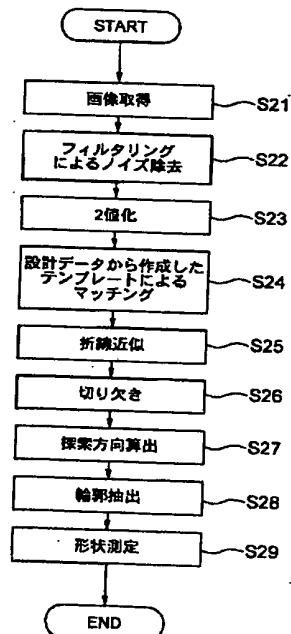
【図23】



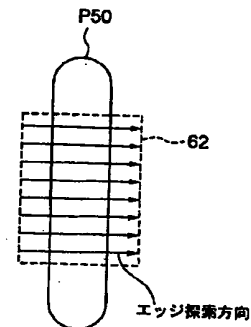
【図25】



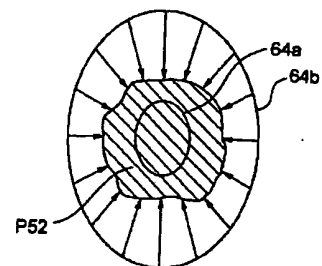
【図26】



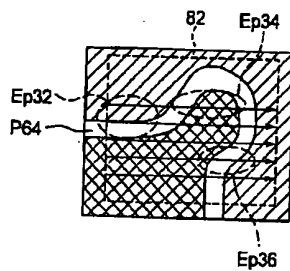
【図27】



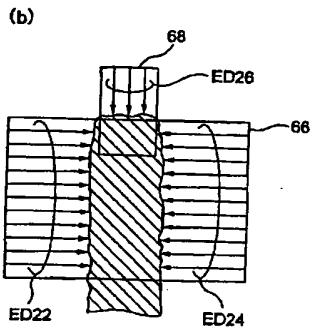
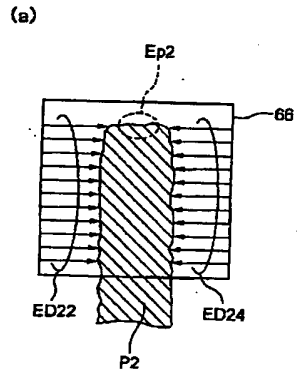
【図28】



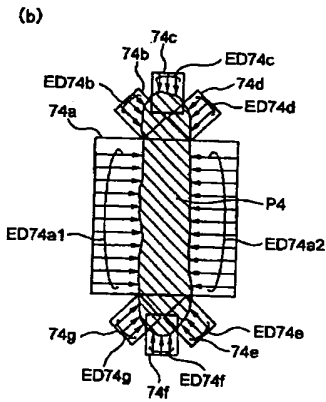
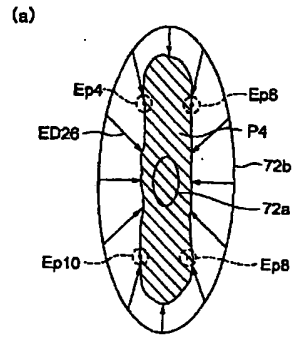
【図35】



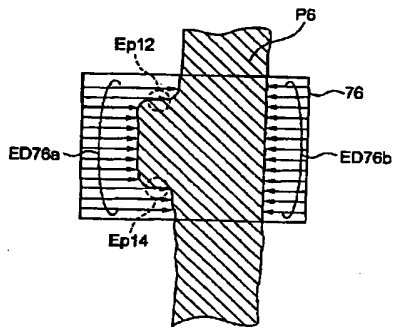
【図 29】



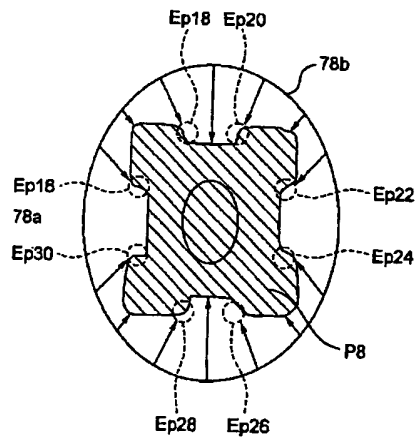
【図 30】



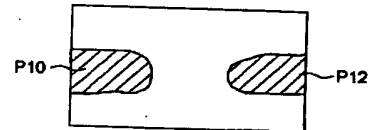
【図 31】



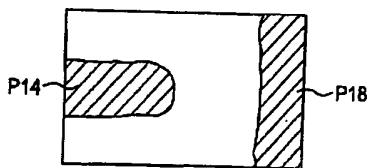
【図 32】



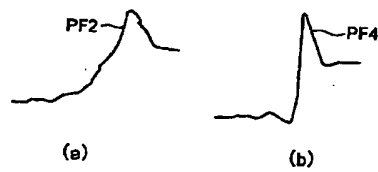
【図 33】



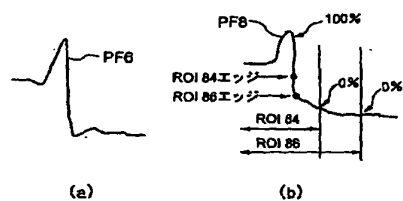
【図 34】



【図 36】



【図37】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M106 BA02 CA39 DB04 DB05 DB11
 DB21 DJ11 DJ21 DJ23
 5B057 AA03 BA02 CE12 CF05 DA03
 DB02 DB05 DB08 DC09 DC17
 DC23 DC33
 5L096 AA06 BA03 CA14 DA02 EA43
 FA04 FA05 FA06 FA37 FA62
 FA67 JA09